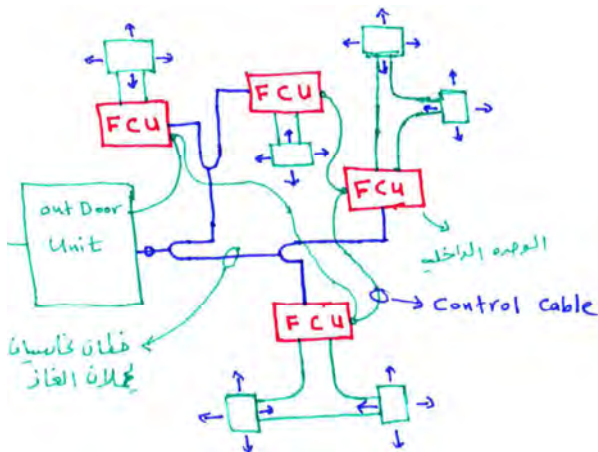


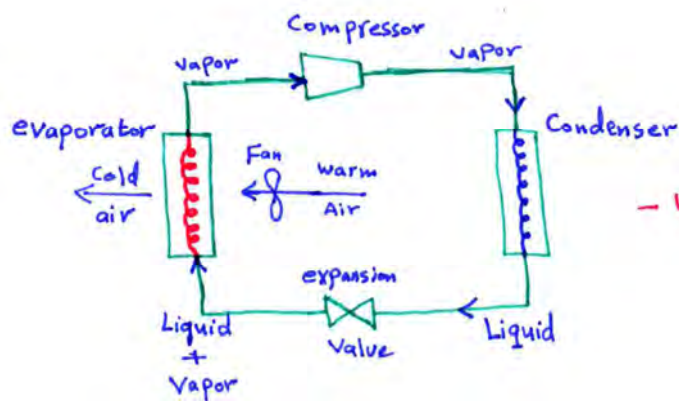
# A-Z IN



**H**eating

**V**entilation

**A**ir



**C**onditioning

# DESIGN

# **A-Z in HVAC Design**

## **Chapter-01**

# **Thermo Dynamics**

# **الديناميكا الحرارية**

**Eng. Shadi Shirri**

**Shadi\_shirri@yahoo.com**

**0599430298**

## Chapter 01

### الديناميكا الحرارية - Thermo Dynamics

#### - ما معنى البرودة :-

لا يوجد في علم الديناميكا الحرارية مصطلح البرودة بل تتناول الديناميكا الحرارية مصطلح الحرارة للدلالة على خصائصها المواد ، وإذا إجهدنا لتعريف البرودة فتكون عبارة عن مصطلح متداول لوصف قلة الحرارة التي تمتلكها المادة أو هي حاصل إزالة أو فقد كمية من الحرارة التي تحتفظ بها المادة ، الكيود من الناس يعتقد أنه التكييف والتبريد هو إدخال البرودة إلى الحيز ولكنه بالحقيقة هو عملية إزالة للحرارة من الحيز بشكل أسرع من تلك التي تدخل إلى الحيز .

#### - ما هي الحرارة :-

الحرارة هي شكل من أشكال الطاقة وهي دائمة الحركة ، لقانون الثاني في الديناميكا الحرارية ينص على أنه الحرارة دائماً تنتقل من الوسط الساخن إلى الوسط البارد ، وسرعة الانتقال تعتمد على الفرق في درجات الحرارة بين الوسطين وكلما زاد الفرق في درجات الحرارة زادت سرعة انتقال الحرارة بين الوسطين .

#### - كيف تنتقل الحرارة :-

لأن تكييف الهواء يعتمد على انتقال الحرارة فمن الضروري معرفة طرق الانتقال ، تنتقل الحرارة من جسم إلى آخر أو من وسط إلى آخر عن طريق ( التوصيل ، الإشعاع ، الحمل )

- إن انتقال الحرارة عن طريق الإشعاع **Radiant** هو انتقال الحرارة على شكل موجات شبيهة بموجات الضوء أو الراديو ومن المهم أن انتقال الحرارة بالإشعاع لا يعمل على تسخين أو رفع درجة حرارة الهواء الذي يمر من خلاله بل يعمل على رفع درجة حرارة الأجسام الواقع عليها ومثال ذلك هو ارتفاع درجة حرارة خدش السيارات المفلقة والمعرضة لأشعة الشمس في يوم مشمس .

- إن انتقال الحرارة بالتوصيل **Conduction** هو انتقال الحرارة عبر المادة ، حيث أن معظم المعادن تعتبر جيدة جدًا من حيث توصيلها الحراري والنحاس والالمنيوم من أكثرها وأفضلها توصيلًا للحرارة وتعمل بكثرة لأغراض توصيل الحرارة والمواد الضعيفة في توصيل الحرارة تسمى مواد عازلة

- إن انتقال الحرارة بالحمل **Convection** يكون إما انتقال طبيعي **natural** أو انتقال بالإجبار **Forced** حيث أن الانتقال بالحمل بشكل طبيعي يكون حركة تيارات الهواء فيه بطيئة وغير فعالة في تكيف الهواء ، أما الانتقال بالحمل الإجباري يكون بواسطة مراوح أو مضخات وذلك لتسريع دوران الموائع والهواء وبالتالي تسريع عملية انتقال الحرارة .

دورة A-z in HVAC Design

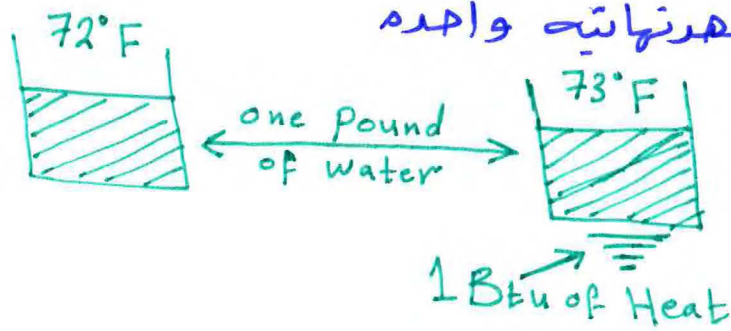
Shadi Shirri 0599 430 298

Shadi\_Shirri@Yahoo.Com



- ما هي الـ British Thermal Unit (Btu) .

الـ Btu هي كمية الحرارة اللازمة لتغيير درجة حرارة 1 باوند من الماء درجة فهرنهايت واحد



Quiz :- كم Btu تحتاج لرفع درجة حرارة 1 Pound من الماء من 72°F إلى 82°F ؟

- ما هي الحرارة النوعية Specific Heat

هي كمية الحرارة اللازمة لتغيير درجة حرارة 1 باوند من المادة درجة فهرنهايت واحد .

Quiz :- ما هو الفرق بين الـ Btu والـ Specific heat ؟؟

- ما هي حالات المواد الفيزيائية

معظم المواد في الطبيعة يمكن إيجادها في حالات فيزيائية ثلاث وهي ( صلب ، سائل ، غاز ) وتتغير الحالة الفيزيائية للمواد من خلال إضافة أو إزالة كمية حرارة معينة من أو إلى المادة وبذلك تتغير درجة الحرارة .

ولكن من الضروري أن نفهم أن درجة الحرارة تبقى ثابتة ولا تتغير في حالة بداية تغير الحالة الفيزيائية للمادة حتى نهاية عملية التحول أو حتى يعاد ترتيب جزيئات المادة molecules جميعها وتنقل إلى الشكل الفيزيائي أو الحالة الفيزيائية الجديدة

## - ماهي الحرارة المحسوسة - Sensible heat

الحرارة المحسوسة هي الحرارة المسببة في تغيير درجة الحرارة والتي لا تؤثر أو تعمل على تغيير الحالة الفيزيائية للمادة لبعض أن إضافة الحرارة المحسوسة إلى المادة لا تعمل على تحويلها من الحالة الصلبة إلى السائلة على سبيل المثال ، ويعني آخر إذا تم إضافة حرارة إلى المادة ولوحظ ارتفاع في درجة الحرارة فتكون الحرارة المضافة هي حرارة محسوسة وأيضاً إذا تم إزالة حرارة من المادة ولوحظ انخفاض في درجة الحرارة فتكون الحرارة المزالة هي حرارة محسوسة .

## - ماهي الحرارة الكامنة - Latent heat

الحرارة الكامنة هي الحرارة المسببة في تغيير الحالة الفيزيائية للمادة ولا تعمل على تغيير درجة الحرارة خلال تحول المادة من حاله إلى أخرى ، درجة الحرارة تبقى ثابتة خلال تغير تحول المادة من حاله إلى أخرى حتى تنتهي عملية التحول ، وللتوضيح أكثر فإن ~~مجموعه~~ درجة حرارة الثلج تبقى ثابتة ( $32^{\circ}\text{F}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ) عند ذوبانه وتحوله إلى ماء وتبقى درجة حرارة الثلج ثابتة حتى ذوبان آخر غرام ثلج ، والجدير بالذكر أنه هناك أربع أشكال للحرارة الكامنة وهي :-

- (1) الحرارة الكامنة للتجمد  $\leftarrow$  إزالة حرارة  $\leftarrow$  من سائل إلى صلب .
- (2) الحرارة الكامنة للذوبان  $\leftarrow$  إضافة حرارة  $\leftarrow$  من صلب إلى سائل .
- (3) الحرارة الكامنة للتبخر  $\leftarrow$  إضافة حرارة  $\leftarrow$  من سائل إلى بخار .
- (4) الحرارة الكامنة للتكاثف  $\leftarrow$  إزالة حرارة  $\leftarrow$  من بخار إلى سائل .



## - على ماذا تعتمد المفاضلة بين وسائط التبريد :-

إن المادة التي لها درجة غليان منخفضة وقيمة الحرارة الكامنة لها عالية ( Btu/lb ) تكون هي الأفضل كوسيط تبريد مع عدم إسقاط عامل الأمان ، فبعض وسائط التبريد تكون غير آمنة وخطرة سواء على الإنسان بشكل مباشر أو على البيئة .

Substance	Boiling point (°F)	Latent heat Btu/lb
Water	+212	970.4
R-12	-20	50
R-22	-40	70
R-502	-50	68.9
R-717 (amonia)	-28	565

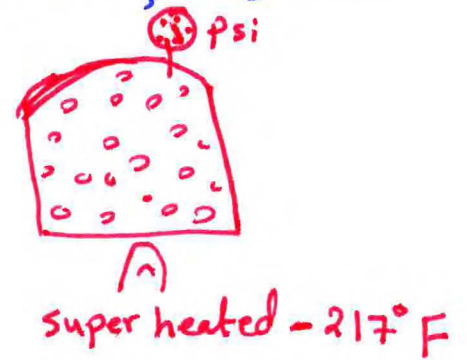
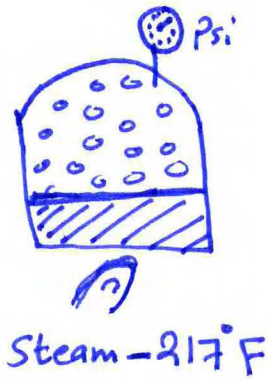
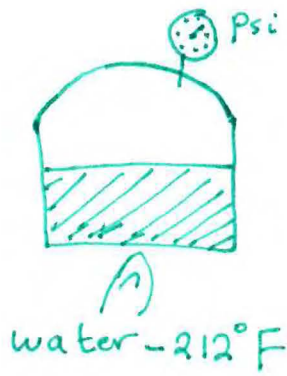
إن الماء من الجدول يعتبر هو الأفضل وسيط تبريد للوحلة الأولى وذلك بسبب إرتفاع قيمة الحرارة الكامنة له Btu/lb ولكن ولسوء حظ الماء فإن درجة الغليان له عالية جداً وهذا السبب وراء ~~عدم~~ عدم استخدام الماء كوسيط تبريد بينما الامونيا R-717 جيدة جداً لتكون وسيط تبريد وذلك بسبب قيمة الحرارة النوعية العالية لديها ودرجة الغليان القليلة نسبياً ولكن ولسوء حظنا أيضاً فقد تم التعرف على آثار بيئية سلبية لها فتم استثنائها من بين وسائط التبريد الجيدة .

## - ماهي نقطة الاشباع - Saturation point

نقطة الاشباع تكون عندما تبدأ المادة بالغيان أو التكاثر عند بداية تغير الحالة الفيزيائية للمادة وتعتمد نقطة الاشباع للمادة بشكل مباشر على علاقة الضغط ودرجة الحرارة ويمكن إيجادها من خلال جداول ومخططات خاصة لكل مادة

## - ماهي ال Super heat

هي خاصية للمادة تحدث عند إضافة حرارة محسوسة لها بعد أن تحولت إلى غاز



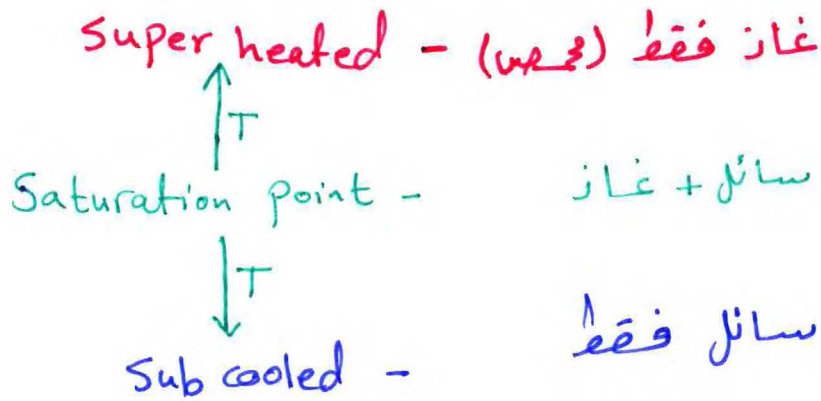
<u>Pressure</u>	<u>Boiling Point</u>
0 Psig	212° F
5 Psig	228° F
10 Psig	244° F
15 Psig	250° F
35 Psig	281° F
85 Psig	328° F

- من القيم السابقة نستدل على أن درجة الغليان للماء تزداد بزيادة الضغط ، يمكن تحليل سبب سرعة نضوج الطعام عندما يطهى في أوعية الضغط ، يزداد الضغط فتزداد درجة الغليان للماء أي ترتفع درجة حرارته .



## - ما هي الـ Subcooled

- تكون المادة Subcooled عندما تكون سائله بكاملها دون وجود أي كمية بخار أو غاز وهذا فقط يكون عند إزالة كمية من الحرارة من المادة بحيث تصبح درجة حرارتها أقل من درجة نقطة الاشباع - Saturation



Quiz :- كيف يمكن رفع درجة حرارة الماء أو خفضها دون وجود مصدر حرارة (لحم، كهرباء، شمس، ...؟)

## - ما هو طن التبريد - Ton Refrigerant

- جميع أنظمة التبريد الميكانيكية تقارن بذوبان (1 طن و 1000 kg) من الثلج خلال 24 ساعة وهي ما تسمى بـ ice melting equiv. (IME)، ويتم حسابها من خلال  $\approx$  حزن 2000 lb والتي تعادل 1000 kg - 1 طن في الحرارة الكامنة لذوبان 1 باوند من الثلج والتي تعادل 144 Btu

$$\Rightarrow IME = 2000 \text{ lb} \times 144 \text{ Btu} = 288000 \text{ Btu/24 hr}$$

ولذلك فإن أي نظام ميكانيكي قادر على إزالة 28000 Btu في 24 ساعة أو 12000 Btu في ساعة يسمى 1 طن .

$$1 \text{ Ton} = 28000 \text{ Btu/24 hr} \\ \approx 12000 \text{ Btu/hr}$$

# **A-Z in HVAC Design**

## **Chapter-02**

### **Heating Load**

**حمل التدفئة**

**Eng. Shadi Shirri**

**Shadi\_shirri@yahoo.com**

**0599430298**

## Chapter 02

### حساب الأحمال الحرارية - Heating Load

- إنَّ حساب الحمل الحراري (Heating Load) لأي مبنى هو الخطوة الأولى في تصميم نظام التدفئة ، حيث يتم حساب الأحمال الحرارية لحيز (ما) بجمع معدلات الطاقة المفقودة لهذا الحيز من خلال الجدران والأسقف والأرضيات والنوافذ والأبواب وتسرب الهواء من شقوق الأبواب والنوافذ أو بسبب التهوية ويمكن إهمال معدلات الطاقة المكتسبة من الإشعاع الشمسي وموجودات الحيز من الآلات الكهربائية والمعدات والمشاغلين لأنها قد لا تكون موجودة في بعض الأحيان وقد تكون عامل أمان إضافي على الحمل الحراري إن وجدت .

- تحسب الطاقة الحرارية المفقودة نتيجة الانتقال الحراري بهرب قيمة الانتقال الحراري (U) للعنصر الإنشائي الذي تنتقل عبره الطاقة في المساحة التي تتسرب منها الطاقة الحرارية ثم ضرب النتيجة الناتجة في الفرق بين درجات الحرارة على جانبي العنصر الإنشائي .

$$Q_c = U \times A \times \Delta t$$

حيث :-  $Q_c$  هي معدل الطاقة الحرارية المفقودة (Watt)

$U$  :- معامل الانتقال الحراري ( $W/m^2 \cdot K$ )

$A$  :- المساحة السطحية ( $m^2$ )

$\Delta t$  :- فرق درجات الحرارة ما بين داخل وخارج المبنى

A-Z in HVAC Design

Shadi\_Shirwi@yahoo.com

0599-430-298



- وتحسب الطاقة الحرارية المفقودة نتيجة تسرب الهواء من شقوق الابواب والنوافذ أو بسبب التهوية المقصودة من خلال:-

$$Q_v = 0.35 \times ACH \times V \times \Delta t$$

حيث:-  $Q_v$  :- الطاقة الحرارية المفقودة نتيجة تسرب الهواء (watt)

$ACH$  :- عدد مرات تغير الهواء في الساعة

$V$  :- حجم الحيز المدفأ ( $m^3$ )

$\Delta t$  :- الفرق بين درجات الحرارة ( $T_{in} - T_c$ )

- يتم حساب معامل الانتقال الحراري ( $U$ ) حسب المعادلة التالية:-

$$U = \frac{1}{R_{tot}}$$

حيث:-  $U$  :- هي معامل الانتقال الحراري ( $watt/m^2.k$ )

$R_{tot}$  :- هي المقاومة الحرارية الكلية ( $m^2.k/watt$ )

- ويتم حساب  $R_{tot}$  من المعادلة التالية:-

$$R_{tot} = R_{in} + \sum \frac{X_i}{K_i} + R_{out}$$

حيث:-  $R_{in}$  :- هي المقاومة الحرارية للسطح الداخلي (من الجدار)

$R_{out}$  :- هي المقاومة الحرارية للسطح الخارجي (من الجدار)

$X_i$  :- هي سماكة الطبقة الانشائية ( $m$ )

$K_i$  :- هي الموصلية الحرارية لمادة الطبقة الانشائية ( $watt/m.k$ )

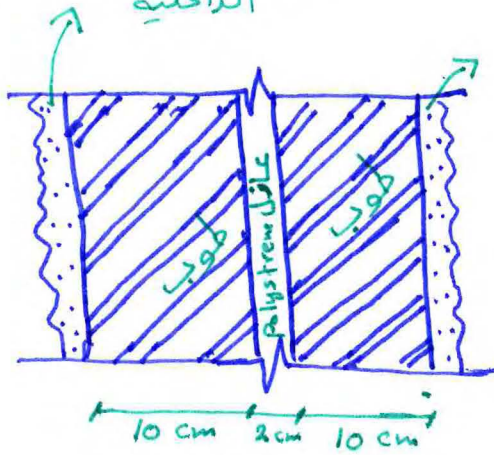
دورة: A-Z in HVAC Design

Shadi Shirri

0599-430-298



طبقة الهواء الداخلي  
الداخلي



طبقة الهواء  
الخارجي

$$R_{in} = 0.12, R_{out} = 0.06$$

$$K_{طوب} = 0.9, K_{بوليسترين} = 0.039$$

$$U = \frac{1}{R_{tot}} \Rightarrow U = \frac{1}{0.12 + 0.06 + \frac{0.10}{0.9} + \frac{0.02}{0.039} + \frac{0.10}{0.9}}$$

- في بعض العناصر الانشائية لا تكون الطبقات المتتالية مستمرة بالانتظام ذاته في المساحات المتجاورة ، مثال ذلك عقدات الطوب المفرغ ولا يمكن في هذه الحالة حساب معامل الانتقال الحراري بالطريقة السابقة لأن العنصر الانشائي غير متجانس التركيب ، فيتم تقسيم العنصر الى اقسام متجانسة وحسب كما يلي :-

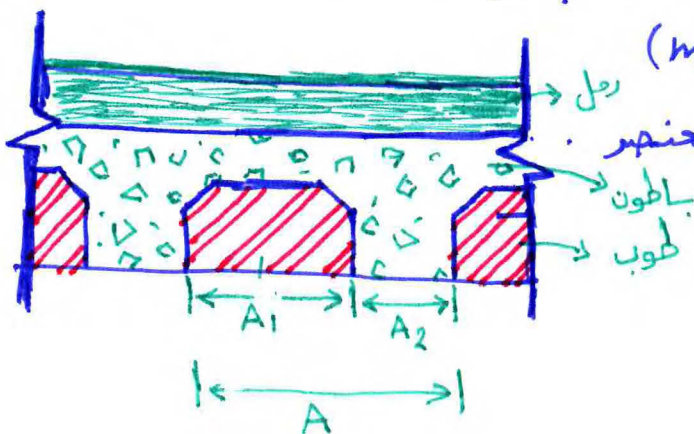
$$U_{tot} = \frac{U_1 \cdot A_1}{A} + \frac{U_2 \cdot A_2}{A} + \dots$$

حيث :-  $U$  :- الانتقال الحراري للعنصر ذي الاقسام غير المتجانسة التركيب

$U_i$  :- الانتقال الحراري لكل قسم متجانس التركيب

$A_i$  :- مساحة السطح ( $m^2$ )

$A$  :- المساحة الكلية للعنصر



A-Z in HVAC Design

Shadi-Shirri@Yahoo

0599-430-298

$$T_g = T_{out} + (5-10) \quad (*)$$

حيث :-  $T_g$  هي درجة حرارة الأرض  
 $T_{out}$  هي درجة الحرارة الخارجية

$$T_{un} = T_{in} - 0.5(T_{in} - T_{out}) \quad (*)$$

حيث :-  $T_{un}$  هي درجة حرارة الحيز المجاور العيز مدفاً  
 $T_{in}$  هي درجة الحرارة الداخلية

$$Q_{s, cond} = Q_{wall} + Q_{ceiling} + Q_{floor} + Q_{window} + Q_{door} \quad (*)$$

حيث :-  $Q_{s, cond}$  هي الطاقة الحرارية المحسوسة المنقولة عن طريق التوصيل

$$Q_{s, vent} = 1.2 \dot{V}_{vent, inf} (T_{in} - T_{cir}) \quad (*)$$

حيث :-  $Q_{s, vent}$  هي الطاقة الحرارية المحسوسة الناتجة بسبب التهوية  
 $\dot{V}_{inf, vent}$  هي كمية الهواء المدخل أو الداخل إلى الحيز  $m^3/hr$

$$\dot{V}_{vent, inf} = V \times ACH \quad \leftarrow$$

حيث :-  $V$  هي حجم الحيز ( $m^3$ )

$ACH$  :- هي عدد مرات تغير الهواء في الساعة

$$Q_{s, vent} = 1.2 \times V \times ACH \times (T_{in} - T_c) \quad \leftarrow$$

$$= 1.2 \times V \times ACH \times (T_{in} - T_c) \times \frac{1000}{3600}$$

$$= 0.35 \times V \times ACH \times (T_{in} - T_c)$$

$$= 0.35 \times \dot{V}_{vent, inf} \times (T_{in} - T_c)$$

حيث :-  $(T_{in} - T_c) = 5-10^\circ C$   $(L/s)$



$$\dot{Q}_{L,vent,inf} = 3 \dot{V}_{vent,inf} (W_i - W_o) \quad (*)$$

(\*)

حيث :-

$\dot{Q}_{L,vent,inf}$  :- هي كمية الطاقة الحرارية الكامنة المنتقلة عن طريق التهوية

$\dot{V}_{vent,inf}$  :- هي كمية الهواء الداخل أو المدخل إلى الحيز

$W_{in}$  :- هي كمية أو كتلة الماء الموجود في الهواء الداخل  $1/kg$

$W_{out}$  :- هي كمية أو كتلة الماء الموجود في الهواء المدفأ في الحيز  $1/kg$

- يتم حساب  $W_{in}, W_{out}$  من خلال الشكل التالي :-

حيث تعقد القيم على  $T_{in}, T_{out}$

$$\dot{Q}_{bot} = \dot{Q}_{s,cond} + \dot{Q}_{s,vent,inf} + \dot{Q}_{w,stem}$$

←

حيث :-  $\dot{Q}_{tot}$  :- هي حمل التدفئة ( $Watt$ ) + حمل الماء الساخن

$\dot{Q}_w$  :- هي الطاقة الحرارية أو الحمل الحراري اللازم

لتسخين الماء المنزلي إن وجد ويتم حسابه

كما هو موضح لاحقاً .

- قدرة البويلر تكون  $\dot{Q}_{bot}$  مصنوبه في معامل امان كالتالي :-

① عند تركيب بويلر واحد يعمل بشكل متواصل يجب أن تزيد قدرته الاسمية بمقدار 20%

$$\dot{Q}_{Boiler} = \dot{Q}_{bot} \times 1.2 \quad \Leftarrow$$

② عند تركيب بويلر واحد للتركيبات الصغيره أو في الحالات التي يعمل فيها البويلر على

فترات متقطعه في اليوم يجب أن تزيد قدرته الاسمية عن الحمل الكلي الاقصى

$$\dot{Q}_{Boiler} = \dot{Q}_{bot} \times 1.3 \quad \Leftarrow$$

③ عند تركيب بويلرين اثنين يعملان في آن واحد، يجب أن تكون القدره الاسمية

لكل بويلر مساويه لثلاثي الحمل الكلي الاقصى .

$$\dot{Q}_{Boiler} = \dot{Q}_{bot} \times 1.66 \quad \Leftarrow$$

## ④ حمل الماء الساخن الخاص بالاستخدام المنزلي

- في بعض الأحيان أو التطبيقات يكون لمصدر تسخين الماء (بويلر) هدف آخر إضافةً إلى التدفئة وهو الماء الخاص بالاستهلاك المنزلي مثل ماء الشُّور و المغاسل و الجلي - Domestic hot water حيث أنه من الواجب إضافة الطاقة اللازمة لتسخين الماء إلى حمل البويلر حيث يضاف إلى حمل التدفئة ويكون عليه حساب بناءً على:

$$Q_w = \frac{\dot{m}_w \cdot C_{pw} (T_h - T_c)}{\Delta t} \quad (*)$$

حيث:-

$Q_w$ :- هي الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين كمية الماء

$\dot{m}_w$ :- هي كمية الماء الساخن الذي يستهلكه الحيز خلال اليوم

$C_{pw}$ :- هي الحرارة النوعية للماء Specific heat = 4.186 kJ/kg.K

$T_h$ :- هي درجة حرارة الماء الساخن المزود للحيز = 70-80°C

$T_c$ :- هي درجة حرارة الماء الداخل إلى البويلر = 20°C

$\Delta t$ :- هي زمن الاستخدام في اليوم - 2 hr

- تقدر كمية استهلاك العائلة الواحدة ب 280 L/day أو

50-70 لتر/يوم لأول شخصين في العائلة و 30-50 لتر/يوم

لكل شخص إضافي.

$$Q_{\text{Domestic}} = \frac{280 \times 4186 \times 60}{2 \times 3600} = 9753.3 \text{ Watt} \\ = 9.75 \text{ Kwatt}$$

$$\text{Kwatt} \times 859.845 = \text{Kcal}$$

A-Z in HVAC Design  
Shadi\_Shirri@yahoo  
0599-430-298



## ④ حساب كمية استهلاك الوقود في البويلر

- يتم حساب كمية أو كتلة الوقود الذي يستهلكه البويلر من خلال:-

$$\dot{m}_f = \frac{Q \times DD \times 24}{(T_{in} - T_{out}) \times C_r} \cdot \left( \frac{C_d}{\epsilon} \right)$$

حيث:-  $\dot{m}_f$  هي كمية الوقود المستهلك خلال فصل الشتاء .

$Q$ :- هي قدرة البويلر  $KJ/hr$

$DD$ :- هي degree days for the estimated period

$C_r$ :- هي كمية الطاقة الحرارية الناتجة عن حرق كيلو غرام من الوقود

$\epsilon$ :- هي كفاءة الاحتراق وتكون 0.8 للوقود السائل و 0.55 للوقود الغاز

$C_d$ :- معامل التصحيح بناءً على الـ  $DD$  ويتساري

0.80 for 0-1000 degree day

0.75 for 1000-2000 degree day .

0.70 for 2000-3000 degree day .

0.65 for 3000-4000 degree day .

وبزيادة كل 1000 من الـ  $DD$  تقل قيمة الـ  $C_d$  بمقدار 0.05

$$DD = (18.3 - T_a) \times \text{عدد أيام الشهر}$$

حيث:-  $T_a$  هي معدل درجة الحرارة في الشهر و يختلف من شهر

إلى شهر وإذا كانت  $T_a$  أكبر من 18.3

فلا توجد حاجة لتشغيل نظام التدفئة .

month	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
days	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$T_a$	10	11	13	17	21	23	25	25	24	21	17	13
$DD$	257	212	164	39	0	0	0	0	0	0	39	164

$$DD = \sum DD_i = 875 [0-1000]$$

$$C_d = 0.80$$

A-Z in HVAC Design

٢. شادي شوي

- Quiz :- احسب كمية الديزل الذي يستهلكه بويلر قدرته 13.9 Kw .

$$Q_{\text{load}} = 13.9 \text{ Kw} = 50,000 \text{ KJ/Kg} -$$

$$\rho_{\text{diesel}} = 850 \text{ Kg/m}^3 .$$

$$C_v \text{ diesel} = 39000 \text{ KJ/Kg} .$$

$$T_{\text{in}} = 22^\circ \text{C}$$

$$T_{\text{out}} = 6^\circ \text{C}$$

$$\xi = 80\%$$

$$DD = 875$$

$$m_f = \frac{Q \times DD \times 24}{(T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) \times C_v} \times \left( \frac{C_d}{\xi} \right)$$

$$= \frac{50,000 \times 875 \times 24}{(22 - 6) \times 39000} \times \frac{0.80}{0.80}$$

$$= 1682.7 \text{ Kg/Season}$$

في فصل الشتاء، شهر 01، 02، 03، 04، 11، 12

$$V_{\text{diesel}} = \frac{m_{\text{diesel}}}{\rho_{\text{density}}} = \frac{1682.7}{850} = 2 \text{ m}^3 \text{ diesel} .$$

⇐ تحتاج إلى خزان وقود يتسع إلى 2 m<sup>3</sup> لتزويد البويلر طوال فترة الشتاء .

A-Z in HVAC Design .

Shadi Shirri

Consultant HVAC Engineer

0599 430 298

## ④ حساب حجم تانك التمدد - expansion tank

- لخزان أو تانك التمدد أكثر من وظيفة حيث يمكن إجمالها بـ:-

- ① إيجاد ضغط موجب Positive pressure عند جميع نقاط النظام لمنع دخول الهواء إلى النظام .
- ② يسمح بتمدد الماء أثناء عمل النظام نتيجة زيادة الضغط الناتج عن زيادة درجة الحرارة في الشبكة .
- ③ يعمل على إعادة أو ترجيع الماء المتبقي في النظام عندما تنخفض درجة الحرارة نتيجة إطفاء النظام .
- ④ يحتوي خزان التمدد على هوائي Air vent لإخراج الهواء من الشبكة عندما يعمل النظام .
- ⑤ يعمل على خلق ضغط موجب على خط السحب في عند المضخة مما يعمل على المحافظة على شفرت المضخة من ظاهرة التكاف Cavitation

- ويتم تحديد حجم خزان التمدد بناءً على:-

Boiler capacity (kw)	Tank volume (Litre)
up to 29	20*
58	25
87	50
175	75
233	100

أو يمكن حساب حجم خزان التمدد بطريقة أخرى حيث لا تقل سعته عن (حجم الماء في الشبكة  $\times 0.08$ ) أو عن نسبة 1 لتر لكل متر مربع من مجموع مساحات الأسطح المشبعة .

A-2 in HVAC Design .

٢. شادي شوي



## \* المشعات Radiators

- في البداية نقوم بحساب الحمل الحراري للغرفة أو الحيز المراد تدفئته وبعد ذلك نعمل على وضع مشع حراري أو أكثر لتعويض حمل الغرفة الناتج عن الفقد عن طريق الجدران والأسقف والتهوية ... الخ .  
فلو فرضنا أن مقدار الفقد الحراري في غرفة (ما) هو  $1130 \text{ Kcal/hr}$  فإننا بحاجة إلى مشع يعطي  $1130$  كيلو كالوري/ساعة لتعويض فقد الغرفة .

وسمّ حساب عدد أحجام المشع بناءاً على المنشور الفني لذلك النوع من المشعات - Data sheet والتي تكون صادرة عن الشركة المصنعة لذلك المشع ، فلو فرضنا أن المشع من نوع AL-600 حيث أن حدة كل مقطع من هذا النوع تاردي  $130 \text{ Kcal/hr}$  فإننا بقسمه  $1300$  على  $130$  نحتاج إلى عشرة مقاطع من هذا المشع .

## \* حساب حدة المفضنة .

① معدل التدفق :- ويتم حسابه كالتالي للمعادلة التالية .

$$\text{معدل التدفق الكلي (L/s)} = \frac{\text{مجموع الحمل الحراري التصميمي للمشعات} + \text{حمل الماء الساخن}}{4.186 \times 10}$$

$$\dot{V}_{L/s} = \frac{Q_{tot} + Q_w}{4.186 \times 10} \quad \leftarrow$$

حيث :-

$\dot{V}_{L/s}$  :- هي معدل تدفق المفضنة Flow rate

$Q_{tot} \text{ (Kw)}$  :- هي الحمل الحراري التصميمي للمشعات .

$Q_w \text{ (Kw)}$  :- هي الحمل الحراري للماء الساخن المتزلي

$4.186$  :- هي الحرارة النوعية للماء  $C_p$  .

$10$  :- هي الفرق في درجة الحرارة ما بين الماء الدافئ والراجع .

\* ويتم وضع مضخة أخرى تسمى مضخة الخلط Shunt Pump وذلك

الخلط جزء من الماء الساخن بالماء البارد الراجع إلى البويلر لمنع تشقق معدن البويلر والحفاظ عليه ويتم حساب معدل التدفق لها من خلال :-

$$\dot{V}_{L/s} = \frac{Q_{tot} \text{ (Kw)} + Q_w \text{ (Kw)}}{4.186 \times 45} \dots$$

$$\boxed{GPM = \frac{L/s}{0.0631}}$$



## ② ضغط المصخة :-

- ويتم حساب الضغط الواجب توفيره في المصخة الدوارة من خلال :-

$$P = \frac{L \times L_{fitting} \times f.s \times \Delta P_{fric}}{12000}$$

حيث :-

P :- هي ضغط المصخة (feet)

L :- هي طول أنبوب خط من البويلر إلى أبعد مشع (m)

$L_{fitting}$  :- هي الطول المكافئ للمحابس والوصلات ويمكن اعتباره 2

f.s :- هو معامل أمان يجب أنه يضاف للمصخة Factor of safety

$\Delta P_{fric}$  :- هو فرق الضغط نتيجة الاحتكاك ويمكن حسابه من chart حيث يعتمد على معدل التدفق وقطر الأنبوب

12000 :- هي معامل التحويل

$$\Rightarrow P(\text{feet}) = \frac{L \times 2 \times 1.3 \times (400 - 500)}{12000}$$

A-Z in HVAC Design

Shadi Shirri

Consultant HVAC Engineer

Shadi\_Shirri@yahoo

0599 430 298

## \* حساب أقطار المواسير :-

- يمكن حساب أقطار المواسير بالرجوع الى الشكل رقم (٧) حيث يعتمد على معدل التدفق الذي يحمله وسرعة التدفق داخله حيث تكون السرعة النهيية في المباني السكنية والتجارية  $1.2 < v_{m/s} < 0.6$  وقد تصل إلى  $2.4 \text{ m/s}$  في المباني الصناعية ، وكذلك يمكن الاستغناء بجداول الاسترشاد في حال نغذر الحصول على الشكل . حيث ان :-

$$Q = v \cdot A$$

حيث :-

$Q$  :- هي معدل التدفق  $\text{L/s}$

$v$  :- هي السرعة النهيية  $\text{m/s}$

$A$  :- مساحة مقطع الماسوره  $\text{m}^2$

$$A = r^2 \pi$$

حيث :-

$r$  :- هي نصف قطر الماسوره .

$\pi$  :- تساوي 3.14

- كما ويمكن الاعتماد على الجدول التالي لنفس الغرض .

$Q \text{ (GPM)}$	$\Phi \text{ (in")}$
0.1 - 1.4	$\frac{1}{2}$ "
1.4 - 4	$\frac{3}{4}$ "
4 - 9	1"
9 - 15	$1\frac{1}{4}$ "
15 - 22	$1\frac{1}{2}$ "
22 - 44	2"

A-Z in HVAC Design  
Shadi Shirri

## \* حساب قطر مدخنة البويلر

- يتم حساب قطر أو أبعاد مدخنة البويلر بالرجوع إلى الجدول (3-10).
- حيث يعتمد قطر المدخنة على قدرة البويلر وارتفاع المدخنة.
- يجب أن لا تزيد المسافة الأفقية للمدخنة عن 25% من المسافة العمودية لها.
- يفضل أن يكون مقطع المدخنة دائري قدر الامكان وفي حال كانه مربع - يجب ان لا يزيد طوله عن ضعف عرضه.
- يفضل ان يتم عزل المدخنة بشكل جيد وانه يولى الموضوع أهمية حيث تبقى درجة حرارة الغازات مرتفعة مما يزيد من سرعة خروج الغازات وارتفاعها إلى الاعلى بسبب قلة كثافتها .

## \* حساب قطر ماسورة التغذية بالماء البارد لشبكة التدفئة.

- يعتمد قطر ماسورة التغذية للبويلر على قدرة البويلر ويكون ذلك بناءً على:-

أدنى قطر لماسورة التغذية (mm)	قدرة البويلر (واط)
20 mm	أقل من 58600
25 mm	58600 - 146500
32 mm	146500 - 293000
40 mm	293000 - 586000
50 mm	أعلى من 586000

A-Z in HVAC Design .

Shadi Shirri



# **A-Z in HVAC Design**

## **Chapter-03**

### **Air Conditioning**

**تكييف الهواء**

**Eng. Shadi Shirri**

**Shadi\_shirri@yahoo.com**

**0599430298**

# Chapter 03

## Air Conditioning - تكييف الهواء - Cooling -

### - مقدمة :-

- إن تكييف الهواء هو عملية تغيير خصائص الهواء وبالأخص درجة الحرارة والرطوبة إلى ظروف أكثر ملائمة للحيز وساغليته.
- إن أول من لمبّق مفهوم التكييف هم المصريون القدماء فقد كانوا يخلقون القصب على السبائك وكانوا يبللوه بالماء ، وعندما يتبخر الماء يبرد الهواء وتهب تيارات من الهواء البارد من خلال المخرج النافذة إلى الحيز ، وعلى الرغم من أن هذه العملية كانت تعمل على زيادة الرطوبة فقد كانت ناجحة وفعالة للجو الصحراوي الجاف وفي روما القديمة كان يتم تمرير المياه داخل قنوات في جدران بعض المنازل لتبريدها .
- لقد ظهر علم تكييف الهواء الحديث من خلال التقدم في الكيمياء في القرن التاسع عشر وقد تم اختراع أول مكيف هواء يعمل على الكهرباء في عام ١٩٥٢ من قبل ويليس هافيلاند كاري حيث أن اختراع نظام لتكييف الهواء السكني قد ساعد في تمكين هجرة كبيرة إلى حزام الشمس في الولايات المتحدة .

### - تصميم أعمال تكييف الهواء والتهوية :-

- لنصمم أي نظام تكييف هواء لابد من اتباع الخطوات التالية :-
- ① حساب الحمل الحراري للحيز المطلوب تكييفه - Load Estimation
- ② اختيار نظام التكييف المناسب
- ③ تصميم شبكة مجاري الهواء وحساب مقاسات هذه الشبكة - Duct Design
- ④ توزيع مخارج الهواء بعد اختيار نوعها وحساب مقاساتها - Air Outlets
- ⑤ تحديد شبكة المواسير وحساب أقطارها .

A-Z in HVAC Design

Shadi\_shirri@yahoo

0599 430 298

## ① حساب الحمل الحراري - Load Estimation

- إن حساب الحمل الحراري للمكان المطلوب تكييفه هو الأساس الأول قبل البدء في تصميم أي نظام تكييف ، والمقصود بالحمل الحراري هو كمية الحرارة المكتسبة داخل المكان المكيف والمطلوب إزالتها عن طريق نظام التكييف .

ولحساب الحمل الحراري لابد من معرفة بعض المعلومات والتي بدونها لا يمكن حساب الحمل الحراري بطريقة سليمة ، والمعلومات المطلوبة هي :-

1- درجات الحرارة الخاصة بالمنطقة الواقع بها المكان المطلوب تكييفه

[A] درجة حرارة الترمومتر الجاف - Dry Bulb Temperature

[B] درجة حرارة الترمومتر المبلول - Wet Bulb Temperature

2- درجة الحرارة المطلوبة لتكييف الحيز - Dry Bulb Temp.

3- وضع المكان المطلوب تكييفه بالنسبة للاتجاهات الأساسية (شمال، جنوب،

4- رسم معماري للمكان المطلوب تكييفه بمقياس رسم مناسب لتحديد أبعاد المكان من حيث الطول والعرض وكذلك الارتفاع .

5- تحديد مساحات الشبائيك الزجاجية ونوع الزجاج وخصائصه . وهل يوجد عليها سائر ونوع هذه السائر وهل هي مركبة من الداخل أو من الخارج .

6- تحديد درجات حرارة الأماكن الملاصقة للمكان المراد تكييفه .

7- تحديد طبيعة النشاط في هذا المكان (خندق ، مسرح ، مبنى تجاري ، سكني ، ...)

8- تحديد عدد الأسقف داخل هذا المكان وطبيعة استعداده ، وقد نقتدم النسب المقارن عليها من حيث المساحة المطلوبة لكل شخص كما سيتم شرحه .

9- تحديد الحمل الكهربائي للمكان المكيف وهو قدرة الاجهزة الكهربائيّة الموجودة داخل المكان بالواط - (إضاءة ، اجهزة كهربائيّة ، مواير ، ...)

10- تحديد نسبة الهواء النقي المطلوب تغذيته للمكان طبقاً لطبيعة المكان كما سيتم شرحه لاحقاً .



## - أنواع الحمل الحراري :-

- ينقسم الحمل الحراري إلى أربعة أنواع :-

① الحمل الحراري الناتج عن الإشعاع - Solar Heat Gain

② الحمل الحراري الناتج عن التوصيل - Transmission Heat Gain

③ الحمل الحراري الناتج عن الأشخاص والاموال الكهربائية Internal Heat Gain

④ الحمل الحراري الناتج عن تبريد الهواء النقي الداخل للحيز ventilation / infiltration

① الحمل الحراري الناتج عن الإشعاع <sup>للزجاج</sup> Solar Heat Gain

- عند سقوط أشعة الشمس على زجاج النوافذ فإن جزءاً من هذه الأشعة يدخل إلى المكان المكيف مسبباً تراكماً للحرارة داخله وبالتالي ارتفاعاً لدرجة الحرارة داخل المكان ، ويتم حساب الحمل الحراري الناتج عن الإشعاع باستخدام المعادلة التالية :-

$$Q_{\text{glass}}^{\text{Solar}} = SHG \times CLF \times SC \times A_g \quad (*)$$

حيث :- SHG :- هي معامل الإشعاع الشمسي - Solar Heat Gain

CLF :- معامل حمل التبريد - Cooling Load Factor

SC :- معامل التشعيع - Solar Coefficient

$A_g$  :- مساحة السبائك - Area of Glass .

$Q_{\text{glass}}$  :- هي الحمل الحراري المحسوس الداخل إلى المبنى من خلال النافذة (الزجاج) عن طريق الإشعاع فقط (واحد)

∴ سيتم شرح كيفية إيجاد هذه العوامل والمعادلات من الجدول اللاحق.

A-Z in HVAC Design

Shadi Shirri

0599 430 298

## 2] الحمل الحراري الناتج عن التوصل للزجاج - Transmission Heat Gain

- إن وجود فرق بين درجات حرارة المكان المكيف والهواء الخارجي سيؤدي إلى إنسياب الحرارة من الخارج إلى الداخل مسبباً "تراكماً" للحرارة داخل المكان وبالتالي يؤدي إلى ارتفاع لدرجة حرارة المكان المكيف ويكمن حساب الحمل الحراري للزجاج الناتج عن التوصل به خلال :-

$$Q_{glass|_{cond}} = U_g \cdot A_g \cdot CLTD_{corr|_g} \quad (*)$$

حيث :-

$U_g$  :- هي معامل الانتقال الحراري للزجاج ( $Watt/m^2 \cdot K$ )  
 $A_g$  :- هي مساحة الزجاج ( $m^2$ )

The correction value of cooling Load Temperature :-  $CLTD_{corr}$   
 Difference

$$CLTD_{corr|_g} = (CLTD_g) + (25.5 - T_{in}) + (T_{out} - 29.4) \quad \text{حيث أن:}$$

حيث :-

$CLTD$  :- هي Cooling Load Temperature Value  
 ويتم إيجادها من الجداول اللاحقة كما سيتم شرحه.

$T_{in}$  :- هي درجة الحرارة الداخلية

$T_{out}$  :- هي درجة الحرارة الخارجية

كما سبق نستنتج أن للزجاج حمل حراري بالتوصل وآنخذ بالاشعاع والحمل الحراري الكلي للزجاج هو مجموعها

$$Q_{glass} = Q_{Transmission} + Q_{conduction}$$

$$eq. 1] = SHG \cdot CLF \cdot SC \cdot A + U \cdot A \cdot CLTD_{corr} \quad (*) (*)$$



### [3] الحمل الحراري للجدران والاسقف

- في الجدران والاسقف يكون الحمل الحراري عن طريق التوصيل فقط  
وبيكه حسابه من خلال :-

$$Q = U \times A \times CLTD_{corr} \quad (*)$$

حيث أن :-

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM) \times K + (25.5 - T_{in}) + (T_{out} - 29.4) \quad (*)$$

حيث :-

LM :- Latitude month correction

K :- لون الجدار الخارجى للبنى ومعامله (white, Gray, Black)  
0.63 0.83 1

- سيتم إيجاد القيم والمعاملات المذكورة أعلاه من الجداول اللاحقة  
وسيتم تقديم شرح أوفى عن كيفية استخراجها أثناء المحاضرات في الدروس.

### [4] الحمل الحراري للأرضيات والاسقف الغير معرضه للجو :-

- في هذه الحالة يكون الحمل الحراري لهذه العناصر هو نفسه الذي  
نقم حسابه في حمل النافذة Chapter 02 - ويكونه كما يلي :-

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

حيث أنه يلزم حساب  $T_{in}$  و  $T_g$  بالرجوع إلى Ch.02

A-Z in HVAC Design

Shadi Shirri

0599 430 298



## 5] الحمل الحراري للابواب

- انضبا يتم حساب الحمل الحراري للابواب بنفس الالجه التي تناولناها في حساب حمل النفضه وهي كما يلي :-

$$\text{eg. 4] } Q_{\text{door}} = U \times A \times \Delta T \quad (*)$$

## 6] الحمل الحراري الناتج عن الهواء النقي الداخل .

- الهواء الذي يدخل إلى المبنى عن غير قصد مثل شقوق الشبابيك أو من تحت الابواب او من خلال فتح واغلاق الابواب يسمى Infiltration أما الهواء الذي يقوم المهندس بإدخاله بنظام ميكانيكي بقصد التهويه يسمى Ventilation ، حيث يتم حساب معدل تدفق الـ Ventilation وكذلك الـ infiltration ويتم الاخذ بعين الاعتبار الصيغه الاعلى وحساب الحمل الحراري لها .

- حيث يكون للهواء حمل حراري محسوس و آخذ كحامن يتم حسابها وجمعها معا لاجاء الحمل الكلي .

$$Q_{\text{vent, inf}}^{\text{Sensible}} = 1.2 \times V (\text{m}^3/\text{hr}) \times (T_{\text{out}} - T_{\text{in}}) \quad (*)$$

$$Q_{\text{vent, inf}}^{\text{Latent}} = 3 \times V (\text{m}^3/\text{hr}) \times (w_o - w_{in}) \quad (*)$$

$$\text{eq. 5] } Q_{\text{vent or inf}} = Q_{\text{sensible}} + Q_{\text{latent}} \quad (*) (*)$$

يمكنه العودة إلى Ch.02 لمعرفة المزيد عن المعادلات .

يمكنه العودة إلى Ch.01 لمعرفة المزيد عن الحرارة المحسوسة والحرارة الكامنة .

## 7) الحمل الحراري الناتج عن الاشخاص

- إن جسم الانسان يعمل على إشعاع الحرارة بشكل دائم مازال على قيد الحياة ، وتعتمد كمية الحرارة المشعة على طبيعة ~~الحرارة~~ النشاط الذي يقوم به الشخص ، فالشخص النائم يقوم جسمه بإشعاع كمية من الحرارة أقل من الكمية التي يمتصها جسم شخص <sup>وهو</sup> يمارس الرياضة .
- علمًا أن الحرارة التي يشعها جسم الانسان هي نوعان محسوسة وكأنه ويتم إيجاد هذه القيم من جدول خاص مرفق في الشرح وسيتم شرحه بالتفصيل أثناء المحاضرات .
- لماذا يشعر الشخص الرندي الصوف بالدفء في الشتاء بينما الشخص الذي رندي الملابس الرقيقة لا يشعر بالدفء ؟
- إن إجابة هذا السؤال هي تفسير واضح على أنه جسم الانسان يمتص الحرارة فالصوف والملابس الثقيلة لا تعمل على تدفئة الجسم فهي لا تزود بالطاقة بل تمنع تسرب الطاقة التي يمتصها جسمه إلى الخارج أو تعمل على تقليلها .
- ولتفسير فرضية أن جسم الانسان يعمل على إشعاع الطاقة والحرارة تخيل نفسك واثنت تركض في ~~يوم بارد~~ يوم بارد من أيام الشتاء ، إنك تشعر بالدفء وذلك لأن الجسم يعمل على إنتاج وإشعاع كميات أعلى من الطاقة الحرارية ، وب نفس الوقت تخيل نفسك واثنت جالس تقوم بأعمال مكتبية ، ستشعر بالفرق وذلك لأنه الجسم حينها سيقوم بإشعاع كميات أقل من الطاقة الحرارية .
- وحساب الطاقة المشعة من جسم الانسان في الحيز :-

$$Q_{\text{sensible}} = N \times SH \times CLF \quad \text{طاقة محسوسة :-} \quad (A)$$

$$Q_{\text{latent}} = N \times LH \quad \text{طاقة كامنة :-} \quad (B)$$

وتكون الطاقة الكلية :-

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{sensible}} + Q_{\text{latent}} \quad (*) \quad \text{eq. [6]}$$

حيث :-  
 $N$  :- هو عدد الأشخاص  
 $SH$  :- كمية الحرارة المحسوسة التي ينتجها الجسم - من الجدول.  
 $LH$  :- " " " " الكامنة  
 $CLF$  :- معامل حمل الشخص

8] الحمل الحراري الناتج عن الاضاءة

$$\text{eq. 7] } \textcircled{Q = \text{watt} \times \text{CLF}}$$

9] الحمل الحراري الناتج عن المعدات الكهربائية

$$\text{eq 8] } \textcircled{Q = \text{Watt} \times \text{CLF}}$$

⊗ الحمل الحراري الكلي ⊗

بعد حساب جميع المعادلات وتطبيقها على حميز (ما) يتم جمعها مع بعضها البعض. حيث يكون ناتج المجموع هو حمل التكيف الكلي لذلك الحميز

$$\textcircled{Q_{\text{tot}}^{\text{(watt)}} = \text{eq1} + \text{eq2} + \text{eq3} + \dots + \text{eq8}} \textcircled{*}$$

- بالوصول إلى هنا نكون قد حددنا قدرة جهاز التكيف اللازم وكمية الهواء النقي الداخل إلى الحميز أو الواجب إدخاله بواسطة نظام ميكانيكي.

A-Z in HVAC Design

Shadi-Shirri @ Yahoo

0599 - 430 - 298



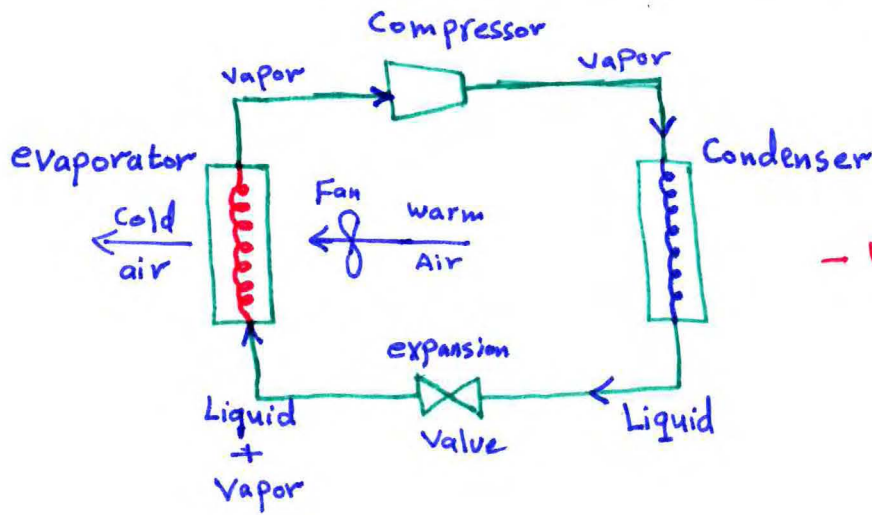
## ② اختيار نظام التكييف المناسب

- نظام التكييف هو نظام يعمل على توفير الظروف المناسبة والمرجحة لمستخدمي المكان ، سواء كانه سكني أو تجاري وذلك بالتغلب على كل من الحرارة أو البرودة أو الرطوبة .

### • أنواع أجهزة التكييف

#### 1 الشباك - Window Type

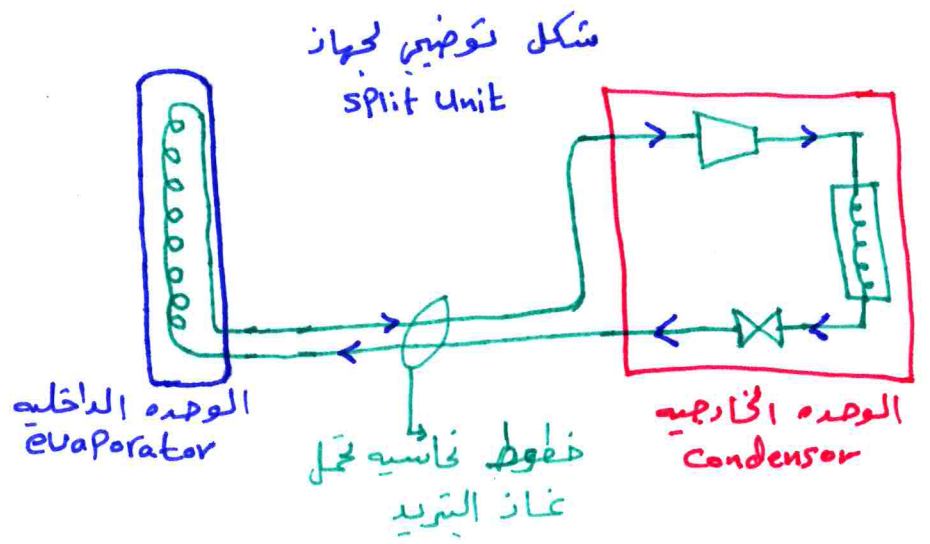
فني هذا النوع أو الجهاز يجمع جميع أجزاء دورة التبريد من الضاغط والمكثف والمبخر ودهمام التمدد في جهاز واحد على شكل صندوق يكون قياسه بفرس 80-90 سم و بطول 50-60 سم و يحتاج إلى فتحات في حوائط الغرف المطلوب تكييفها ويتم تحدي أماكنها أثناء التصميم المعماري ، وهي سهلة الصيانة وقليلة التكلفة إلا أن لها عيوب كونها لا تقلل على ~~توزيع~~ معالجة جودة الهواء (الهواء النقي) وأيضاً تتميز بصيغتها العالي والمزيج كونه قريب من الحائط وعند منفصلة الأجزاء .



- Window Type.

#### 2 الوحدة المنفصلة - Split Unit

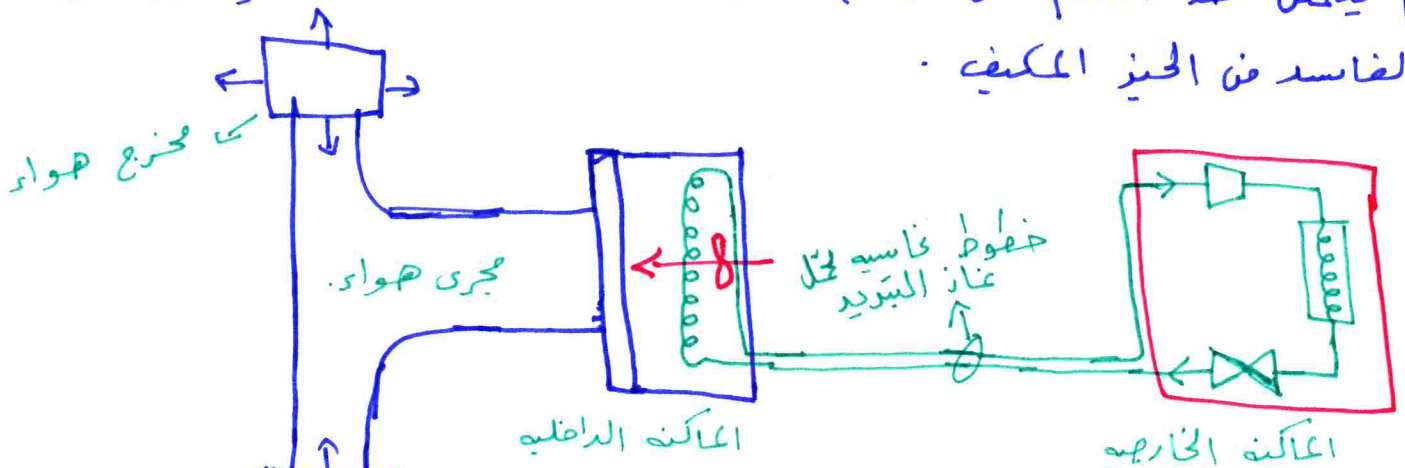
- وتتكون هذه الأجهزة من قطعتين توضع واحدة منها خارج المكان المراد تبريده على السطح مثلاً ، وتسمى هذه القطعة بالمكثف Condensing Unit - وتوضع القطعة الأخرى داخل المكان المراد تبريده وتسمى هذه القطعة بالمبخر - evaporating Unit حيث تعمل على توزيع الهواء المكثف على المكان المطلوب تكييفه ويتم الربط بين القطعتين عن طريق أنابيب الغاز



- يمكن الملاحظة أن نظام الوحدة المنفصلة - Split Unit جاء تطوراً لنظام المسالك وذلك بفصل دورة التبريد وإبعاد الضاغط والمكثف إلى خارج الحيز مما يقلل الضجيج والازدحام .

### 3] الـ Mini-Central / Split Ducted

- إن هذا النظام هو شبيه بالنظام السابق ولكن تعمل الوحدة الداخلية على توزيع الهواء بواسطة مجاري - Duct ومخارج خاصة للهواء من أجل ذلك الملقب عليه باسم Split Ducted
- ويتميز النظام بقدرته التبريدية الأعلى من النظام السابق من حيث عدد الاطنان التبريدية وكذلك يتميز بتوزيع الهواء بشكل متجانس في الحيز .
- يجب أنه يكون للنظام دورة ترجيع للهواء على الأماكن الداخلية سواء كانت دائرة مفتوحة (جريتات بالسقف المسنن) أو دائرة ترجيع مغلقة (جريتات بالسقف المسنن موصولة بمجاري الهواء)
- لم يتمكن هذا النظام من معالجة الهواء وإدخال الهواء النقي وإخراج الفاسد من الحيز المكيف .



- لاحظ أن هذا النظام يتميز عن السابق أنه يحتاج إلى سقف مسنن ولاحظ أنه كل ماكينة خارجية لها ماكينة داخلية واحدة .



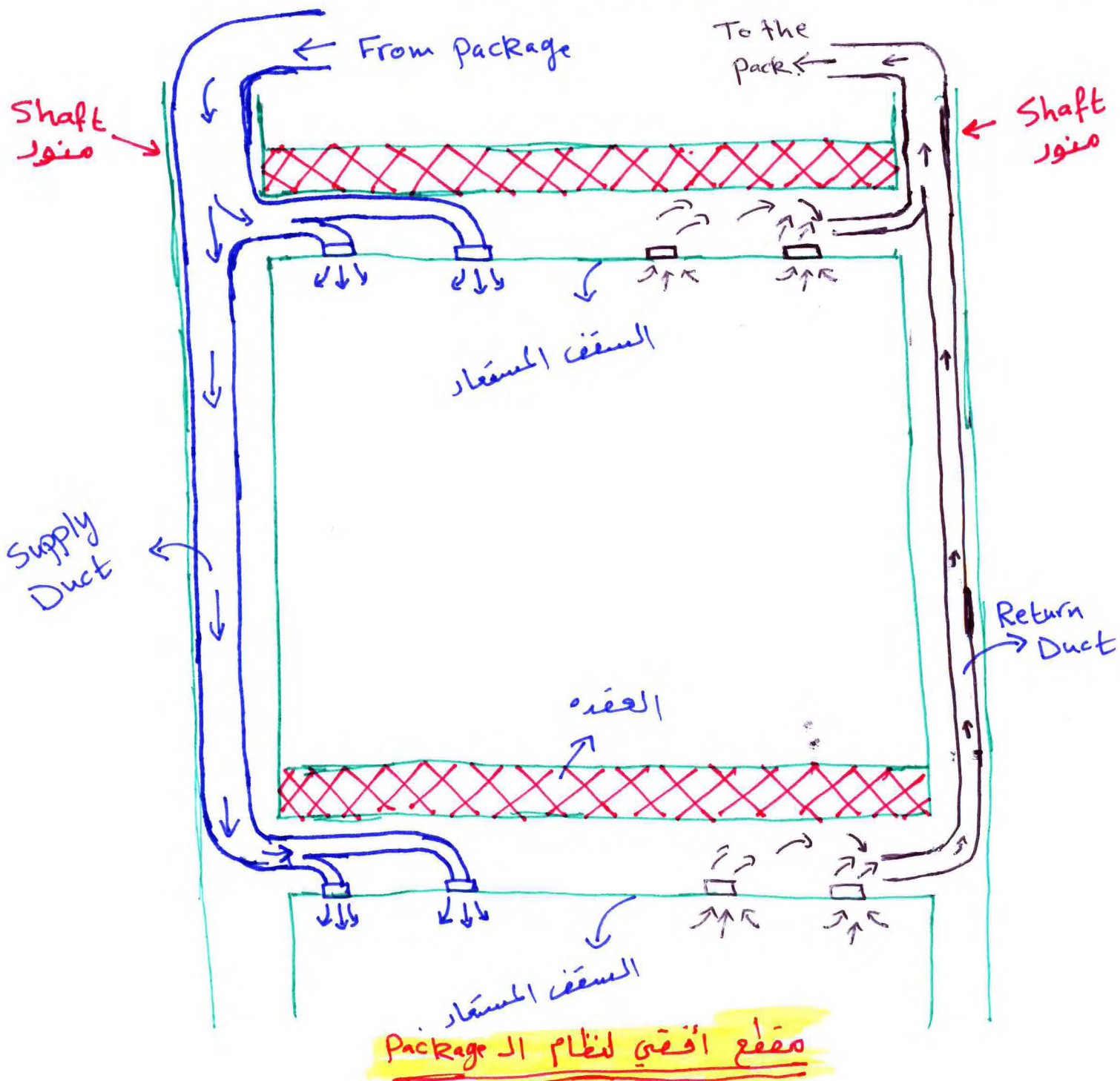
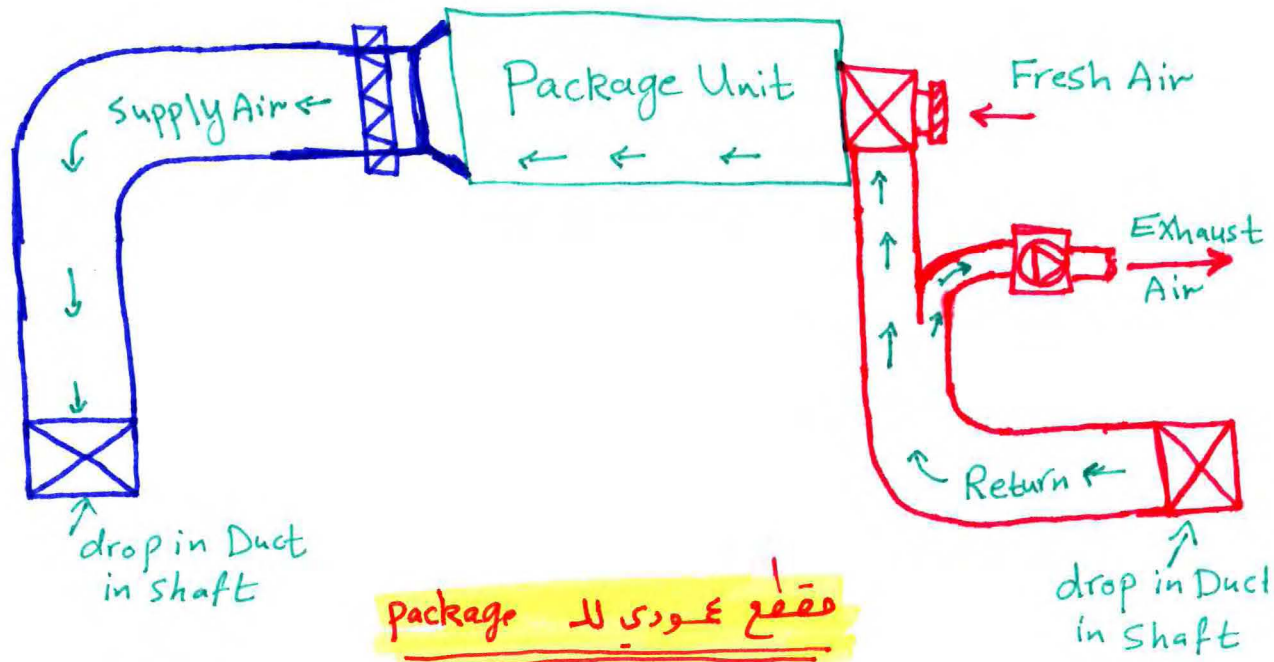
- يتكون هذا النظام من قطعة واحدة وتكون جميع أجزاء دائرة التبريد في مكان واحد وتوضع فوق السطح ويتم نقل الهواء البارد من هذا الجهاز عن طريق مجاري الهواء (Duct) إلى داخل المنزل ثم يتم توزيع الهواء البارد أو الساخن على الغرف المطلوبة بواسطة مراوح خاصة بين الوسط المراد تكييفه وجهاز التكييف ، ويمكن ان يعمل تلقائياً حسب درجة الحرارة التي تم تخزينها في الجهاز الخاص في المنزل أو العنبر المكيف .. أي لالتزيد أو تقل درجة الحرارة عن الدرجة المطلوبة ، أو يمكن إيقاف الهواء تماماً عن الغرفة في حال عدم الرغبة في تشغيل التكييف بها .
  - نلاحظ في هذا النظام عدم وجود أي مكنة أو حدة داخلية في الحيز (evaporator) بل تم نقله ليكون بنفس الهندسة الذي يحوي باقي عناصر دورة التبريد على السطح ومن أجل ذلك تم تسمية الجهاز Package Unit .
  - يتميز هذا النظام بشكل أساسي عن الأنظمة السابقة أن جودة الهواء يتم تحقيقها بسهولة فالهواء المكيف الداخل إلى الحيز يمكن وبكل سهولة إدخال نسبة معينة معه من الهواء النقي المتواجد حرارياً وكذلك يمكن من خلال هذا النظام التخلص من نسبة معينة من الهواء أو كله في حال كان الهواء ملوث (مثل المطاعم والمقاهي والمستشفيات) .
- Fresh Air = Exhaust Air**
- وبالإضافة إلى ما سبق يتميز النظام بانخفاض مستوى الضجيج بسبب بعد الضاغط ودورة التبريد والمروحة عن الحيز ولكن ما يعيب النظام هو حجم الجهاز الكبير نسبياً والمطلوبات المعمارية التي يحتاجها مثل كالمناور الواسعة وجمالية المبنى وما إلى ذلك .
  - والجدير بالذكر أن هذا الجهاز يعمل على التبريد والتدفئة حسب الفصل المراد تشغيله فيه .

A-Z in HVAC Design

Shadi Shirri

0599 430 298

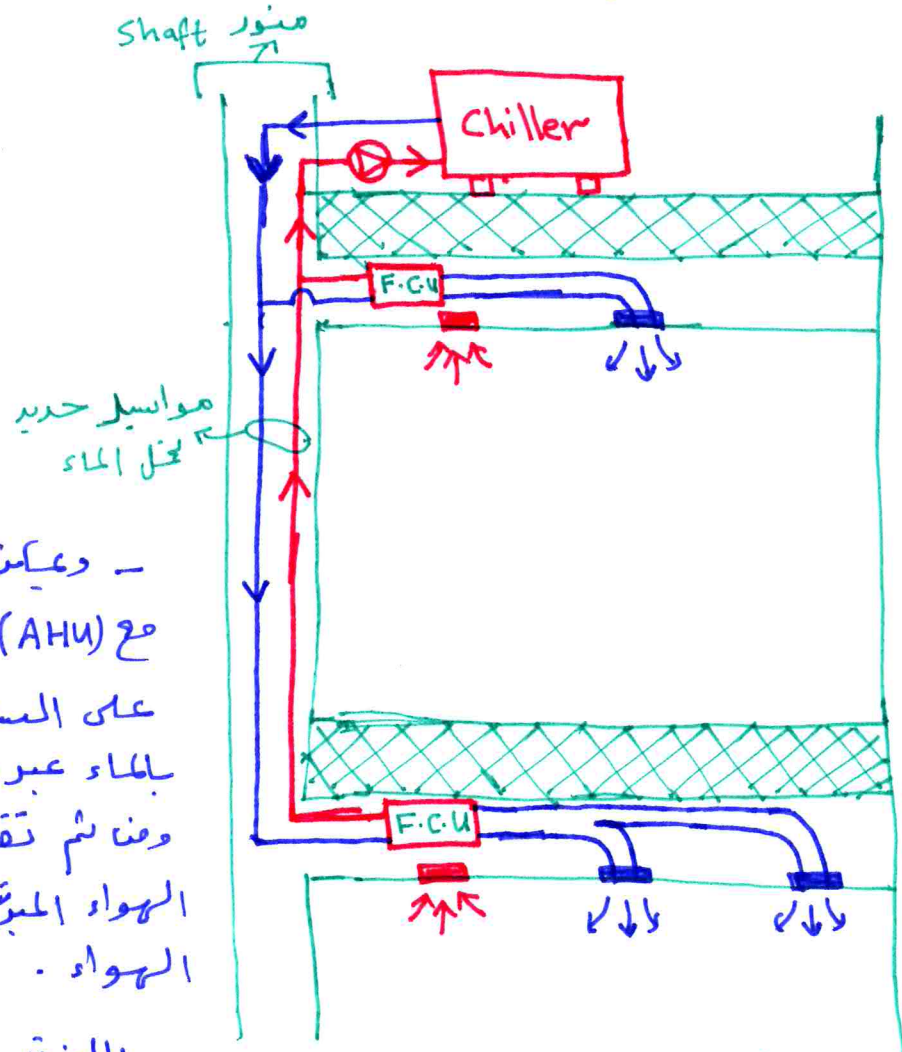




## 5 نظام المياه الباردة Chilled water system

- في هذا النوع من أنواع التكييف يتم استخدام الماء كوسيط للتبريد داخل الأماكن المراد تبريدها فيتم تبريد الماء أولاً أثناء مروره في المبرد ثم يفتح الماء البارد إلى مبادلات حرارية داخل الأماكن المراد تبريدها (Fan coil Unit) بواسطة مضخات خاصة ثم يتم تبادل الحرارة بين الماء البارد وهواء المكان المراد تبريده بواسطة مراوح مسلحة على تلك المبادلات - Fan Coil Unit

- ويتم تبريد المكثف إما بواسطة الهواء الجوي ويسمى عندها النظام وحدة تبريد ذات مكثف مبرد بالهواء (Air-cooled chiller) أو بواسطة الماء الذي يتم نقله بواسطة مضخات خاصة تنقل الماء من أبراج التبريد إلى مبادل حراري يمر في مواسير المكثف حيث يتم تبريد سائل المكثف بالمياه (Water-cooled chiller)

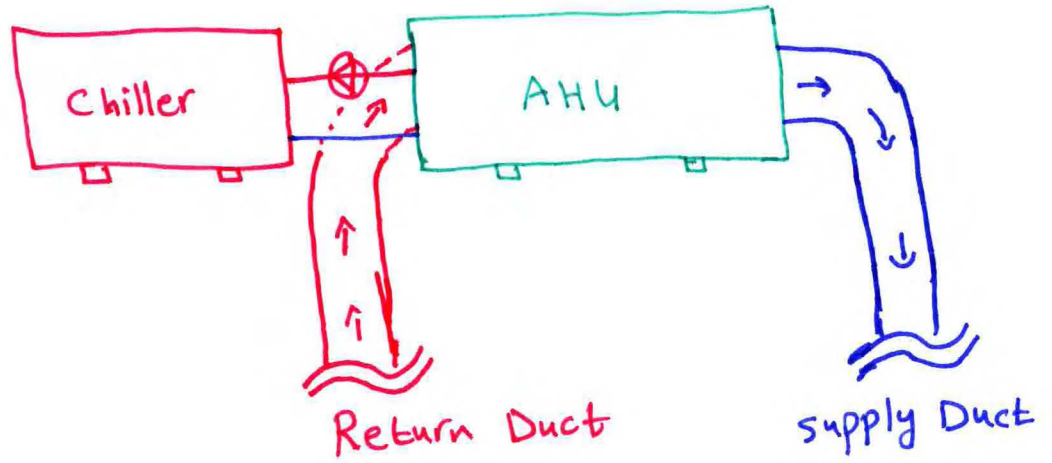


- ويمكن توصيل ال Chiller مع Air Handling Unit (AHU) على السطح حيث يكون التوصيل بالماء عبر مواسير من الحديد ومن ثم تقوم ال AHU بفتح الهواء المبرد إلى الحيز عبر مجاري الهواء.

- ما الفرق بين ال AHU وال package??

- مسقط أفقي لنظام ال Chiller الموصول بـ Fan Coil Unit





- قضيء مطروحه للنقاش :-

⊗ ما الفرق بين الـ AHU والـ Package ؟؟

⊗ حساب قدرة مضخة الـ Chiller

- يتم حساب معدل التدفق لـ Chiller من خلال :-

$$\dot{m} = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta T} \quad \underline{\underline{L/s}}$$

حيث :-

•  $\dot{m}$  :- هي معدل التدفق  $L/s$

•  $Q$  :- هي قدرة الـ Chiller الحرارية  $Kw$

•  $c_p$  :- هي الحرارة النوعية للماء  $4.186 kJ/kg \cdot K$

•  $\Delta T$  :- هي الفرق في درجات الحرارة  $\approx 5.5^\circ C$

- يتم حساب ضغط المضخة لـ Chiller بنفس طريقة الحساب في السيول

$$P = \frac{L \times 2 \times 1.3 \times (400 - 500)}{12000}$$

(feet)

- يتم حساب أقطار المواسير لـ Chiller بنفس طريقة حسابها للسيول



- يتكون نظام الـ VRV/VRF من وحدة خارجية ومجموعة من الوحدات الداخلية موصولة مع الوحدة الخارجية عن طريق خطان فاسيان يحملان الغاز (وسيط التبريد) ، حيث أن بعض الوحدات يُطلق على الوحدة الخارجية ~~اسم~~ اسم (الأم) وعلى الوحدات الداخلية اسم (البنات) .

- إن كل وحدة داخلية هي عبارة عن F.C.U تعمل على صدارة الحرارة مابين الغاز والهواء ~~وهو~~ وتقوم بتوصيل الهواء المكيف (بارد أو ساخن) إلى الحيز عن طريق مجاري الهواء (Duct) ومخارج الهواء (Diffusers) كما يوجد بعض الـ F.C.U لا تحتاج إلى Duct ... الأمر الذي يحل المهندس المصمم حرته عالية في الـ Design بناءً على طبيعة استخدام الحيز والمتطلبات المعمارية أو المعطيات المتاحة .

- تتميز الـ VRV/VRF عن غيرها من الأنظمة السابقة التي تعمل على الغاز المتعدد (DX) مثل الـ split والـ split Ducted والـ package بأنه الـ VRV/VRF يمكن وصل أكثر من وحدة داخلية على نفس الوحدة الخارجية (1:64) ، كما أن حجم الوحدة الخارجية صغير نسبياً وحجم التمديات والمواسير قليل جداً مقارنة مع الـ chiller وحجم ~~الوحدة~~ ~~الوحدة~~ جهاز مجاري الهواء قليل جداً مقارنة مع الـ package

- أضيف إلى ذلك التوفير في الكهرباء مقارنة مع الـ chiller وذلك بسبب خاصية أنه الضاغط في الـ VRV/VRF يكون Inverter أي أنه يعمل على 1% من ~~الحد~~ قدرته في حال كان ذلك هو المطلوب ، ولغني أحد في حالة أنه كانت عشرة وحدات داخلية بقدر 1 طن تبريد لكل منها موصولة مع وحدة خارجية واحدة بقدر 10 طن تبريد ، ففي حالة أن وحدة داخلية واحدة تم استبدالها للعمل \* عندها سوف تعمل الوحدة الخارجية على حمل 1 طن فقط وسوف تستهلك  $\frac{1}{10}$  أو 10% من الكهرباء فقط

- يمكن وصل ال Chiller مع Fan Coil Unit وكذلك يمكن وصله مع Air Handling Unit على السطح ليتم معالجة نوعية الهواء (التجوية) بشكل أفضل كما هو الحال في ال Package Unit كما ويمكن وصله مع (AHU) داخليه لتصبح مثلها مثل ال FCU ولكنها تغطي أطباق تبريد أكثر ، ففي بعض الحالات عندما لا يتسع الحيز ما بين السقف المستعار والعقد نضع AHU بدلا من ال FCU وبذلك نكون قللنا عدد الوحدات الداخليه .

- إن من أهم عيوب ال Chiller المنسيه هي كون ال Chiller هو جهاز تبريد فقط ، يعمل على إبتزيد فقط ولا يعمل على التدفئه حيث أنه من الضروري تصميم نظام آخذ للتدفئه (Boiler) في المناطق الباردة كالمسطين ، والحدير بالذكر قيام الشركات المصنعه في الآونه الاخيريه بتطوير ال Chiller وتصنيع جهاز جديد Chiller heat pump حيث يعمل الأخير على التبريد والتدفئه كباقي الانظمه السابقه إلا أنه غير فعال في المناطق الباردة جدا " شتاء " وذلك بسبب أن الفرق في درجات حرارة الماء المقدي والراجع تكون قليله مقارنة مع ال boiler مما يجعل عملية التبادل الحراري غير فعاله في المناطق الباردة جدا " والتي تحتاج إلى فروق عاليه في درجة حراره الوسط (الحار) .

- إن ال Chiller فيه مرحلتان من التبادل الحراري Heat Transfer الأولى تكون ما بين دوره التبريد الخاصه به (الغاز) والماء والثانيه ما بين الماء والهواء في ال F.C.U ، أو بمعنى آخر حال Chiller يتميز عن غيره من الانظمه بوجود وسيط تبريد ، فالهواء داخل الحيز يبرد عن طريق الماء المبرد والماء بدوره يبرد عن طريق الغاز المبرد والغاز أخيرا يبرد عن طريق الهواء الكوي من خلال المكثف (Condensor) .

- سيتم أثناء المحاضره التعرف على طرق وصل ال Chiller مع ال Boiler



Variable Refrigerant Volume: VRV

Variable Refrigerant Flow : VRF

- أول ما علينا معرفته هو عدم وجود أي فرق بين الـ VRV والـ VRF حيث أنه VRV هو نظام تابع لشركة DAIKIN اليابانية التي كان لها الفضل في اختراعه وحصلت على براءة اختراع فيه ومنعت الشركات الأخرى من تقليده، إلا أن الشركات الأخرى مثل Mitsubishi, Fujitsu, Gree, Media, Samsung قد إحتالت على الموضوع وانتجت نفس النظام بإسم آخر (VRF) كما هو الحال في إحتراعات Apple و Samsung في الهواتف الذكية.

- إن الفرق الوحيد بين النظامين هو حرفي الـ V والـ F .  
Volume  $\underline{V}$  Flow ... ومن المعادلة التالية نستنتج أنه العلامة بينها ثابتة

Ideal Gas Law ....  $PV = nRT$

$$V = \frac{P}{nRT} \dots \textcircled{1}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \dots \textcircled{2}$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{mP}{nRT} \dots \textcircled{3}$$

$$\Rightarrow \boxed{\dot{m} = \rho \cdot \dot{V}} \dots \textcircled{4}$$

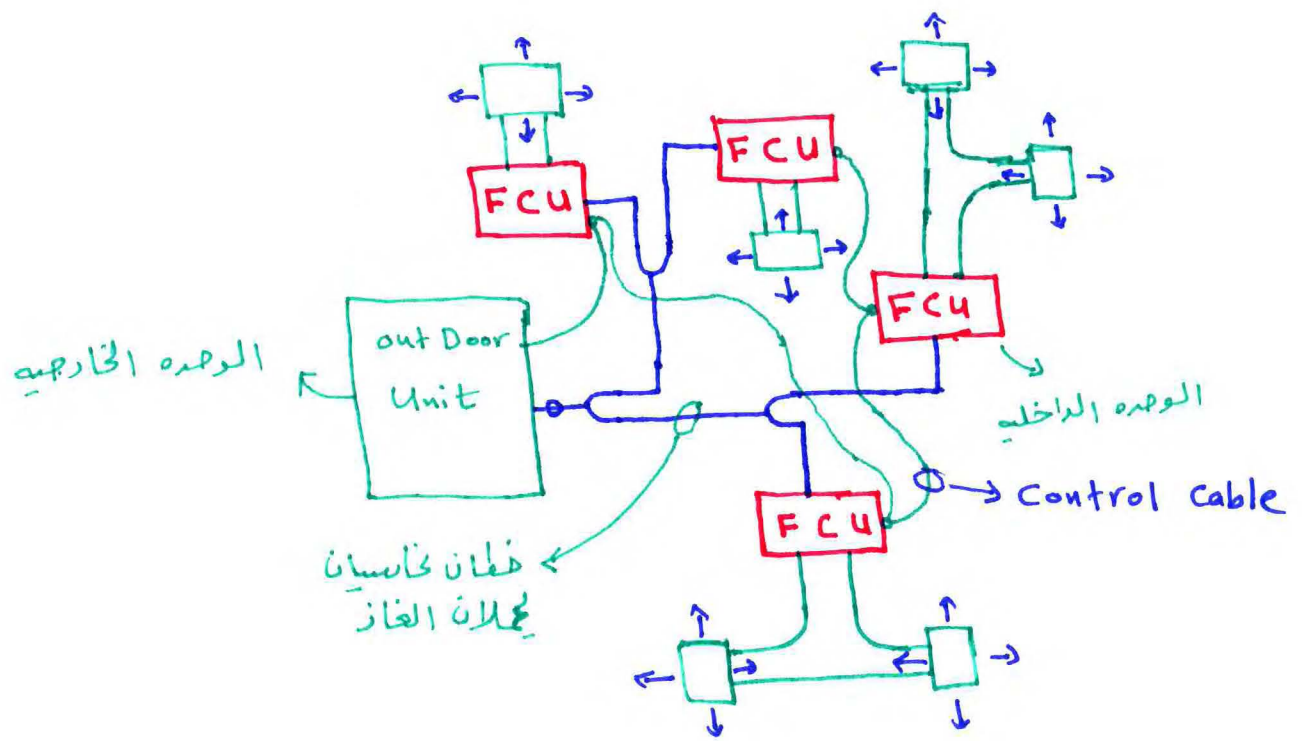
نستنتج أن العلاقة ما بين الـ mass flow rate والـ Volume flow rate دائماً ثابتة لأن الغاز المستخدم في النظامين هو نفسه وخصائصه واحدة وكثافته ( $\rho$ ) واحدة.

A-Z in HVAC Design

Shadi Shirri

0599 430 298





- سيتم خلال المحاضرة شرح الـ VRV/VRF بشكل أعمق وطرح أمثلة عملية وتناول الموضوع من جانب التهوية والتبريد على كيفية إدخال التهوية ودمجه مع النظام.

- سيتم تخصيص محاضرة لعمل Selection للمكانات الداخلية وللمكانات الخارجية وكذلك لحساب الأقطار المواسير من خلال برنامج

DAIKIN Xpress.

A-Z in HVAC Design

Shadi Shirri

Consultant Mechanical Eng.

Shadi\_Shirri@yahoo.com

0599 430 298

### 3.1 حساب أبعاد مجاري الهواء - Duct Sizing

- يتم حساب أبعاد مجاري الهواء بطرق عدة:-

① من المعادلة:-  $Q = v \cdot A$

حيث تكون سرعة تدفق الهواء في المجرى في المباني السكنية

$$3.5 \text{ m/s} < v < 5 \text{ m/s}$$

② من خلال جدول الآشري المرفق - ASHRAE Chart

③ من خلال الـ Ductulator

④ من خلال برنامج الـ Duct Sizer

- سيتم شرح جميع هذه الطرق خلال المحاضرة وسيتم التعرف

على طريقة رسم الـ Duct

- في حال كان مقطع الـ Duct مربع الشكل يجب أن لا يزيد طولُه عن أربع (4) أضعاف عرضه.

### 3.2 حساب قدرة المروحة الموصولة لـ Duct

- عند حساب قدرة المروحة يجب حساب معدل التدفق حيث يكون حال الطبيعة محسوب سواء من حمل التكيف أو من التهوية Ch.4.

- كذلك يجب حساب الـ Static pressure للمروحة ويكون كما يلي:-

$$\therefore y = L \times 2 \times 1.5 \times 3.28$$

$$\therefore 100 \text{ feet} = 0.1 \text{ inch of water}$$

$$y = x$$

حيث:-  $y$  هي الطول المكافئ من الـ Duct

$L$ :- أقصى طول لـ Duct

2:- معامل تعويض فرق الضغط في الوصلات

1.5:- معامل أمان

3.28:- ثابت للتحويل من (m) إلى (feet)

$P$ :- Fan static pressure

$$\Rightarrow X = \frac{0.1 y}{100} \text{ Feet}$$

$$\Rightarrow P = 250 X \text{ [Pa]}$$

### 3.3 حساب أبعاد مخارج الهواء - Air terminals

- يتم حساب مساحة مخرج الهواء بناءً على معدل التدفق من الهواء الخارج منه وكذلك على سرعة الهواء، كلما زادت السرعة قلت مساحة المخرج وزاد مستوى الضجيج.

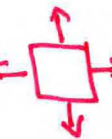
- ويكون المعادلة :-

$$A = \frac{Q}{v} *$$

حيث :-  
 $Q$  :- هي معدل تدفق الهواء داخل المخرج (CFM)  
 $v$  :- هي سرعة الهواء الخارج من المخرج (FPM)  
 $A$  :- هي مساحة مقطع المخرج ( $\text{Feet}^2$ ).

على أن سرعة الهواء التصميمية تكون 400 FPM

مثال :-  $Q = 400 \text{ CFM}$



$$A = \frac{Q}{v} = \frac{400}{400} = 1 \text{ feet}^2$$

للتحويل من  $\text{feet}^2$  إلى  $\text{in}^2$  نضرب بـ 144

$$1 \times 144 = 144 \text{ in}^2$$

$$A = H \times L$$

$$H = \sqrt{144} = 12 \text{ in}$$

$$H = \sqrt{\frac{Q}{v} \times 144}$$

- كما يمكن الرجوع إلى الجداول التي تنشرها الشركة المصنعة للمخرج.



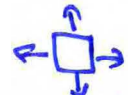
Linear-slot diff  
 للامكان التي تولى الديكورات  
 وأعمال الجبوتات الخالية من  
 الصيانة



Down Flow Jet diff  
 للامكان العالي حيث  
 يتم ضخ الهواء من مكان  
 محدد



2-way diffuser  
 للامكان المستطيلة مثل  
 الكوربيدات



4-way diffuser  
 للامكان المربعة الشكل



# **A-Z in HVAC Design**

## **Chapter-04**

# **Ventilation**

التهوية

**Eng. Shadi Shirri**

**Shadi\_shirri@yahoo.com**

**0599430298**

## Chapter 04

### التهوية الميكانيكية - Ventilation

- إن وجود العنصر البشري في حيز مغلق يعرضه لتناقص الهواء النقي المحمل بالأكسجين والخالي من الروائح الكريهة ، وبالتالي لابد من وجود فتحات أو نظام يعوّض الهواء النقي داخل الحيز .  
كما يجب ان يكون هواء الامكنه المأهولة صحياً "ومستحباً" ، أي أن يكون نقياً خالياً من الجراثيم والغازات المضرة وذرات الغبار وكذلك يجب ان يكون غير ممزوج بالدخان المزيج أو الروائح الغير مستحبه وللحصول على هذه الشروط يجب تجديد هواء الغرف بشكل مستمر وذلك إما بتزويدها باستمرار بهواء خارجي نظيف وإخراج الهواء الداخلي الملوث .

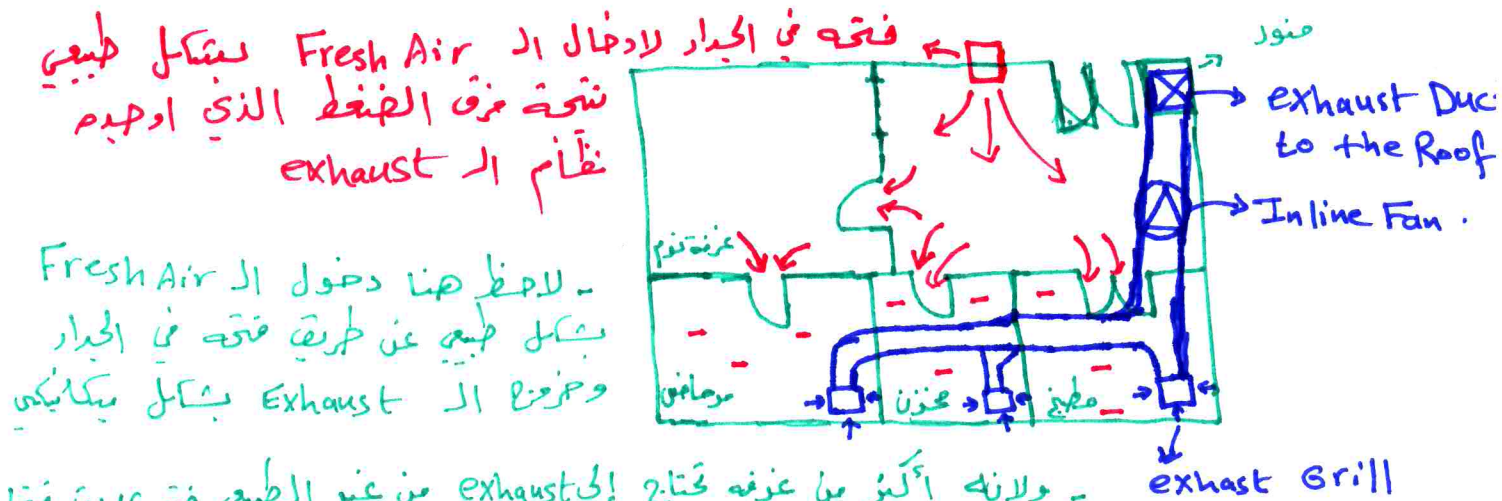
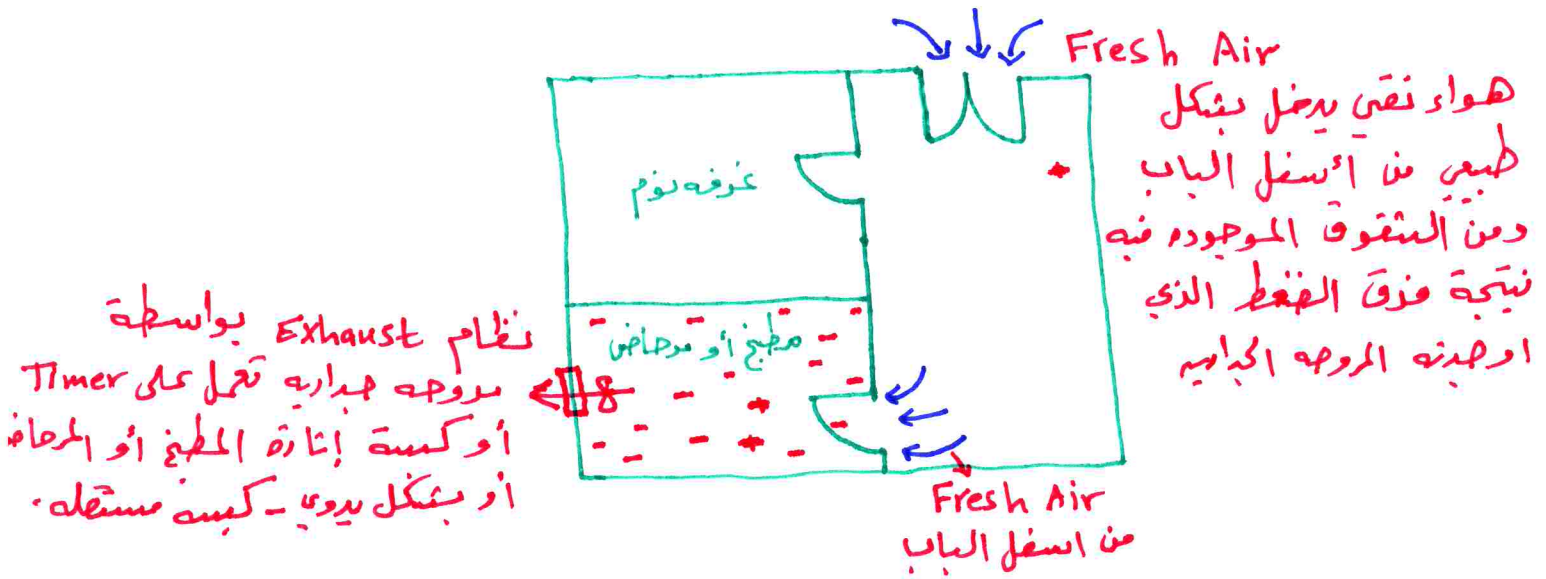
- ويعتمد نظام التهوية الميكانيكية بشكل عام في المباني على :-

① Exhaust Air :- وهو الهواء الفاسد الملوث الذي يتم التخلص منه وإخراجه من الحيز إقامياً بواسطة مراوح جدارية أو مراوح موصولة بمجاري الهواء .

② Fresh Air :- وهو الهواء النقي الذي يتم إدخاله الى المبنى من الخارج لمعادلة فرق الضغط نتيجة الـ exhaust ولتوفير الراحة والظروف الصحية لتنفس شاغلي المبنى ويتم إدخاله من الخارج عن طريق مراوح جدارية أو مراوح موصولة بمجاري الهواء أو عن طريق فتحات في الجدران الخارجية أو من شقوق الابواب والنوافذ .

- لاحظ أن المهمة الرئيسية هي إخراج الهواء الملوث exhaust ولذلك دائماً يكون هناك مراوح لإخراجه بينما الهواء النقي قد نجعله يدخل دخول طبيعي دون الحاجة إلى نظام ميكانيكي

- يلجأ المهندس إلى استخدام مجاري الهواء - Duct و المراوح الموصولة بتلك المجاري في الحالات التي يكون فيها السحب (exhaust) من أكثر من جهاز وكذلك في الحالات التي لا يمكن فيها وضع مراوح جدارية إما بسبب وجود تأشيرها على آجودان أو ألامانة المجاورة أو بسبب تعقيد جمال الواجهات المعمارية ، نحن غير المنطقي وضع مروحة جدارية و Louver يكون ظاهر في واجهة المبنى الأمامية وكذلك من غير المنطقي تصريف الهواء الملوث ذو الرائحة الكريهة كحواء الوحد الصحية إلى واجهة حديقة المنزل أو مكان الجلوس أو مدخل المنزل أو المبنى ، لذلك جاءت فكرة التصريف بواسطة مراوح موصولة بمجاري الهواء ويكون مجرى الهواء في بعض الأحيان يصل إلى أعلى نقطة في المبنى عبر منور في المبنى ، مصدر كذلك الأفكار نفسها يمكن تطبيقها على عملية إدخال الهواء النقي Fresh Air



- ولأنه أكثر من غرفة تحتاج إلى exhaust من غير الطبيعي فتح علينا مكان في الجدار ووضع مراوح جدارية وقد يكون المبنى مطبوع تحت الأرض فلا نستطيع وضع المراوح الجدارية وقد لا يسمح المعماري بفتح الجدار في بعض الأحيان - لاحظ ضرورة وجود سقف مسطح في الغرف المصقوفة وفي الكوريدور في منطقة مرور الـ Duct فقط .



## ④ حساب معدل التدفق للهواء.

- يعتمد معدل تدفق الهواء المراد إخراجهِ من الحيز أو إدخالهِ على طبيعة الحيز أو الحيز المراد تهويته وكذلك على عدد الأشخاص حيث الرجوع إلى الجداول نجد قيمة الـ (ACH) Air Change per hour- للحيز وهي عدد مرات تغير الهواء في الحيز وكذلك يمكن الرجوع إلى جداول أخرى لمعونة معدل التدفق الذي يحتاجه كل شخص في الحيز، ومنه يمكن تحديد المعادلات التالية.

$$Q = ACH \times V$$

طريقة (1) :-

حيث :-  $Q$  - هي معدل التدفق المطلوب للحيز ( $m^3/hr$ ).

$ACH$  :- هي عدد تغير هواء الحيز لكل ساعة.

$V$  :- هي حجم الحيز أو الفراغ ( $m^3$ ).

ويقسمه  $\frac{Q}{1.7}$  كفضل على وحدة الـ CFM.

$$Q = n \times q$$

طريقة (2) :-

حيث :-  $n$  - هي عدد الأشخاص في الحيز

$q$  :- هي معدل التدفق من الهواء النقي الذي يحتاجه شخص

$$CFM = L/S \times 2.12$$

- العودة إلى  $Ch_{O_3}$  يمكن حساب أبعاد مجاري الهواء وأبعاد فروع الهواء وكذلك الـ Static pressure اللازم للمروحة.

- ومن الجداول اللاحقة يمكن معرفة وتحديد الـ ACH و 1.

- وسنم شرح الموضوع بشكل أعمق في المحاضرة إن شاء الله.

- وسنم تبين كيفية ربط الـ Ventilation مع التكييف.

## المصادر والمراجع

ASRAE Handbook of Fundamentals, 1993 [1]

ASRAE Standard 62-1989 [2]

كودات البناء الوطني الاردني - كودة التدفئة المركزية - الطبعة الاولى 1990 [3]

الدليل الارشادي لكودة التدفئة المركزية - مجلس البناء الوطني الاردني [4]

Heating, Ventilation, and Air Conditioning for Residential Building - Mohammad AL Saad and Mahmoud Hammad - 2nd edition. [5]

Wikipedia [6]

والله ولي التوفيق

الجدول (2-2)

درجات الحرارة التصميمية ومعدلات تغير الهواء للحيز المدفأ

المبنى	درجات الحرارة	عدد مرات تغير الهواء في الساعة لغايات احتساب الفقد الحراري
المساح:		
قاعات التدريس	20 - 18	2
قاعات التجميع	19 - 17	1.5
صالات الألعاب الرياضية	16 - 14	1.25
الحمامات ودورات المياه	18	3
حجرات تغيير الملابس	20 - 18	3
المطابخ	18	2
قاعات الطعام	20 - 18	2
حجرات اللعب	18 - 16	1.5
المسابح المغفلة	24	1.5
المستشفيات:		
الغرف الخاصة	23 - 22	2
غرف الجراحة	27 - 22	2
غرف الانتعاش	24 - 22	2
حجرات ابداع الملابس	23 - 22	3
المطابخ وحجرات الغسيل	18	2
دورات المياه	20	2
الحمامات	25 - 21	2
المسارح:		
قاعات المتفرجين	20 - 18	3
قاعات الاستراحة	20 - 18	2
دورات المياه	18	2

A-Z in HVAC Design  
Shadi Shirri



تتمة الجدول (2-2)

نوع المبنى	درجة الحرارة المثوية	عدد ساعات تغير الهواء في الساعة لغايات احتساب الفقد الحراري
الفنادق:		
غرف النوم وحماماتها	22	1.5 - 1
قاعات الطعام	20	2
المطابخ وحجرات الغسيل	18	2
قاعات عامة	20 - 18	2
دورات المياه ومرافق الخدمات	18	2
المنازل	21 - 19	2 - 1
المحلات التجارية	20 - 18	3 - 2
المباني العامة	20 - 18	3 - 2
المصانع والمشاغل	18 - 16	1.5 - 1
دور العبادة	18	1
المكاتب	21 - 19	2 - 1

الرقم

١

\*

١٠٠

الجدول (2-3)

الموصلية الحرارية للمواد \*

الرقم	المادة	الكثافة ( $\rho$ ) ( $\text{kg/m}^3$ )	الموصلية الحرارية ( $k$ ) ( $\text{W/m.C}^\circ$ )
١	الصخور (أحجار البناء)  (أ) الصخور الكلاسيكية والرملية: - الرخام (Marble) - الحجر القاسي (Hard stone) - الحجر الراسخ (Firm stone) - الحجر المتوسط الرسوخ (Semi-firm stone) - الحجر الرخو (Soft stone) (ب) الصخور البركانية (المسامية) (ج) الصخور المتحولة: - الجرانيت - البازلت - الأجناس  ٢ الرمل والركام الناعم  ٣ الطوب:  (أ) الطوب الخرساني: - المصمت - المفرد  - المفرغ للعقيدات	2600 2500 2250 2000 1750 1600 2800 2800 2800  1800   1900 1600 1400 1200 1000 1400	2.90 2.20 1.70 1.40 1.05 0.53 3.50 3.50 3.50  0.70   1.20 1.00 0.90 0.77 0.65 0.95

\* قيمة أي مادة في الجداول غير ملزمة بالضرورة في حالة معرفة القيمة الفعلية للمادة المراد استعمالها مرفقة بشهادة اختبار معترف بها. ويمكن الرجوع للجداول في الملاحق (أ) للحصول على قيم بعض المواد المحلية كحجارة البناء المختلفة وغيرها والتي تم الحصول عليها مخبريا في إطار مشروع بحث أجري في الجمعية العلمية الملكية.

تتمة الجدول (2-3)

الرقم	المادة	الكثافة ( $\rho$ ) (kg/m <sup>3</sup> )	الموصلية الحرارية (k) (W/m.C°)
٥	ب) الطوب الطيني المشوي: - المصمت - المفرغ	2000	1.00
		2000	1.00
		1800	0.80
		1600	0.70
		1400	0.60
		1200	0.52
		1000	0.47
		1800	0.95
	ج) الطوب الرملي الجيري د) الزجاجي	-	0.68
		-	-
٤	الخرسانة العادية المسلحة:		
	أ) خرسانة الركam العادي الوزن ب) خرسانة الركam الطبيعي الخفيف الوزن	2300	1.75
		2000	1.20
	ج) الخرسانة الرغوية (Foam Concrete)	1800	1.00
		1600	0.87
		1400	0.72
		1200	0.60
		1000	0.47
		1600	0.68
		1400	0.61
		1200	0.52
		1000	0.42
		900	0.36
		800	0.30
		700	0.22
		600	0.19
		500	0.16
		400	0.14



تتمة الجدول (2-3)

الموصلية الحرارية (k) (W/m.C°)	الكثافة (ρ) (kg/m³)	المادة	الرقم
1.60 1.10 1.20 0.23  0.17 0.08 0.40 1.50	2450 2100 2000 1500  1000 700 - 2000	الأرضيات :  (أ) البلاط : - الموزاييك (التيلازو) - الاسمنتي - السيراميك (ب) ميلمر كلوريد الفينيل (PVC) (ج) اللينوليم : - العادي - الفليني (د) المطاط (هـ) رصف الدبش	5
1.20 0.85 0.70 0.40	2000 1800 1400 1200	القفازة :  (أ) الاسمنتية (ب) الاسمنتية الجيرية (ج) الجبسية (د) الجبسية الخالية من الركام الناعم	6
1.40	2000	الملاط (المونة الاسمنتية)	7
0.21 0.14 0.17 0.16 0.17	800 600 800 700 700	الخشب :  (أ) الخشب الطبيعي : - البلوط (Oak) - الصنوبر (Pine) - الزان (Beech) - الماهوجوني (Mahogany) - الساج (Teak)	8

تتمة الجدول (2-3)

الرقم	المادة	الكثافة ( $\rho$ ) ( $\text{kg/m}^3$ )	الموصلية الحرارية ( $k$ ) ( $\text{W/m.C}^\circ$ )
	(ب) الألواح الخشبية:		
	- الليفية القاسية (Hard fibreboard)	1000	0.17
	- الليفية الطرية (Soft fibreboard)	300	0.06
	- الرقائقية (Plywood board)	700	0.14
	- الحبيبية (Chipboard)	800	0.15
٩	ألواح الاسبست الإسمنتي	2000	0.58
		1600	0.40
١٠	الطبقات المانعة للرطوبة:		
	(أ) الزفت والبتيومين	1200	0.18
		1100	0.17
	(ب) الخلطة الزفتية (الاسفلتية)	2300	1.10
		2000	0.70
	(ج) اللباد الزفتي	1100	0.18
١١	ألواح الزجاج:		
	(أ) الشفاف العادي	2500	1.05
	(ب) المقاوم للحرارة	2250	1.10
١٢	المعادن:		
	(أ) الألمنيوم	2800	200
	(ب) النحاس:		
	- الأحمر	8900	250
	- الأصفر	8400	130
	(ج) الحديد السكب (الزهر)	7000	40
	(د) الفولاذ	7800	60

تتمة الجدول (2-3)

الموصلية الحرارية (k) (W/m.C°)	الكثافة (p) (kg/m <sup>3</sup> )	المادة	الرقم
		المواد العازلة :	١٢
		(أ) اللدائن الرغوية:	
0.030	30	- ألواح البوليستيرين الممدد	
0.034	25		
0.037	15		
0.030	25	- ألواح البوليستيرين المبثوق	
	-	- ألواح البوليورثين:	
0.020	30	. حديث الصنع	
0.027	30	. بعد مرور سنة ونصف	
0.030	37	- البوليورثين المنفذ بالرش	
		(ب) الألياف المعدنية:	
		- الصوف الصخري	
0.040	140	. ألواح جاسنة	
0.036	130	. فرشيات	
0.038	80	. لفائف لبادية	
0.039	50		
0.042	180	. ألياف سائبة	
		- الصوف الزجاجي	
0.060-0.045	150-100	. ألواح جاسنة	
0.045	130	. فرشيات سائبة	
0.035	80		
0.032	65	. فرشيات خفيفة الوزن	
0.033	50		
0.040	25		
0.042	145	. ألياف سائبة	



تتمة الجدول (2-3)

الرقم	المادة	الكثافة ( $\rho$ ) ( $\text{kg/m}^3$ )	الموصلية الحرارية ( $k$ ) ( $\text{W/m.C}^\circ$ )
	(ج) ألواح الفايبر	500-160	0.055-0.045
		160	0.045
		145	0.042
		130	0.040
		110	0.039
	(د) مواد سائبة:		
	- البرلايت المنفوش	100	0.060
	- الفيرميكيولايت	100	0.070
	- حبيبات الفلين الممدد المطبوع	200	0.050
	- حبيبات الطين الممدد	400	0.160
	- حبيبات البوليستيرين	15	0.045

الجدول (2-4)

المقاومة الحرارية للسطوح الداخلية

العنصر	اتجاه تدفق الحرارة	نوع المادة حسب انبعاثيتها*	المقاومة الحرارية للسطوح الداخلية ( $m^2 \cdot C^{\circ}/W$ ) $R_{si}$
الجدران	أفقيا	أ	0.12
		ب	0.31
السقوف والأرضيات	للأعلى	أ	0.10
		ب	0.21
	للسفل	أ	0.15

\* نوع المادة (أ) و (ب) حسب انبعاثيتها (أنظر صفحة رقم ١٥).

الجدول رقم (2-5)

المقاومة الحرارية للسطوح الخارجية

درجة التعرض		سطوح محمية	سطوح معتدلة	سطوح شديدة
سرعة الرياح (m/sec.)		أقل من 0.5	0.5 - 5.0	أكبر من 5.0
العنصر	نوع المادة حسب انبعاثيتها*	المقاومة الحرارية للسطوح الخارجية ( $m^2 \cdot C^{\circ}/W$ ) $R_{so}$	0.06	0.03
الجدران	أ	0.08	0.06	0.03
	ب	0.10	0.07	0.03
السقوف	أ	0.07	0.04	0.02
	ب	0.09	0.05	0.02
الأرضيات والأجزاء السفلية المعرضة للهواء	أ	0.09		

\* نوع المادة (أ) و (ب) حسب انبعاثيتها (أنظر صفحة رقم ١٥).

**الجدول (2-6)**  
**المقاومة الحرارية للتجويفات الهوائية**

المقاومة الحرارية للتجويفات الهوائية $R_c$ ( $m^2 \cdot C^\circ/W$ )		التجويف الهوائي	
تدفق حراري هابط	تدفق حراري أفقي أو صاعد	نوع المادة حسب انبعاثيتها*	عرض الفراغ (مم)
0.11	0.11	أ	5
0.18	0.18	ب	
0.20	0.18	أ	20 أو أكبر
1.06	0.35	ب	

\*: نوع المادة (أ) و (ب) حسب انبعاثيتها (أنظر صفحة رقم ١٥).



الجدول (2-8)  
الانتقالية الحرارية للنوافذ والأبواب  
(W/m<sup>2</sup> . C°)

النوافذ						الأبواب *	نوع المادة المكونة للأبواب وأطر النوافذ
زجاج مزدوج			زجاج مفرد				
محمية	معتدلة	شديدة	محمية	معتدلة	شديدة		
التعرض	التعرض	التعرض	التعرض	التعرض	التعرض		
2.3	2.5	2.7	3.8	4.3	5.0	3.5	خشب
3.0	3.2	3.5	5.0	5.6	6.7	7.0	ألومنيوم
						5.8	فولاذ
2.3	2.5	2.7	3.8	4.3	5.0		مبلمر كلوريد الفينيل (PVC)

\* هذه القيم هي للنوافذ المطابقة للمواصفات القياسية الاردنية المعتمدة.

\* \* الأبواب المعدنية هي تلك التي لا تزيد فيها نسبة الفتحات الزجاجية على (30) بالمائة من مساحتها كاملة.

الجدول (2-9) "أ"  
الانتقالية الحرارية للأرضيات الجافة

(أ) الانتقالية الحرارية لأرضية صلبة ذات اتصال بالأرض من أربعة أطراف خارجية :

الانتقالية الحرارية ( $W/m^2 \cdot C^0$ )	أبعاد الأرضية الطول (m) x العرض (m)
0.16*	أكبر من 30 x 150
0.28*	أكبر من 15 x 150
0.48*	أكبر من 7.5 x 150
0.11	60 x 150
0.18	30 x 150
0.15	60 x 60
0.21	30 x 60
0.32	15 x 60
0.26	30 x 30
0.36	15 x 30
0.55	7.5 x 30
0.45	15 x 15
0.62	7.5 x 15
0.76	7.5 x 7.5
1.47	3 x 3

\* تستخدم أيضا لجميع الأرضيات التي لها العرض نفسه وتفقد الحرارة من طرفين متوازيين.

الجدول (2-9) "ب"  
الانتقالية الحرارية للأرضيات الجافة

ب) الانتقالية الحرارية لأرضية صلبة ذات اتصال بالأرض من طرفين متعامدين خارجيين فقط :

الانتقالية الحرارية ( $W/m^2 \cdot C^{\circ}$ )	أبعاد الأرضية الطول (m) x العرض (m)
0.09	أكبر من 30 x 150
0.16	أكبر من 15 x 150
0.28	أكبر من 7.5 x 150
0.06	60 x 150
0.10	30 x 150
0.08	60 x 60
0.12	30 x 60
0.18	15 x 60
0.15	30 x 30
0.21	15 x 30
0.32	7.5 x 30
0.26	15 x 15
0.36	7.5 x 15
0.45	7.5 x 7.5
1.07	3 x 3



الجدول (2-9) "ج"  
الانتقالية الحرارية للأرضيات الجافة

(ج) تصحيح القيم الواردة في (أ) و (ب) للأطراف الخارجية للأرضيات المعزولة :

أبعاد الأرضية الطول (m) x العرض (m)			النسبة المئوية للنقصان في الانتقالية الحرارية لأطراف معزولة تمتد إلى عمق (m)		
			1.00	0.50	0.25
أكبر من 150 x 150			10	6	2
أكبر من 60 x 150			11	6	2
أكبر من 30 x 150			11	7	3
أكبر من 15 x 150			13	8	3
أكبر من 6 x 150			15	9	4
أكبر من 2 x 150			25	15	6
150 x 150			15	10	3
60 x 60			17	11	4
30 x 30			18	12	4
15 x 15			20	12	5
6 x 6			25	15	6
2 x 2			35	20	10

ملاحظة : بالنسبة لقيم أبعاد الأرضية غير الواردة في هذا الجدول تؤخذ القيمة الأقرب لها زيادة في الأبعاد.

## ٤/٣ حساب أبعاد المداخل

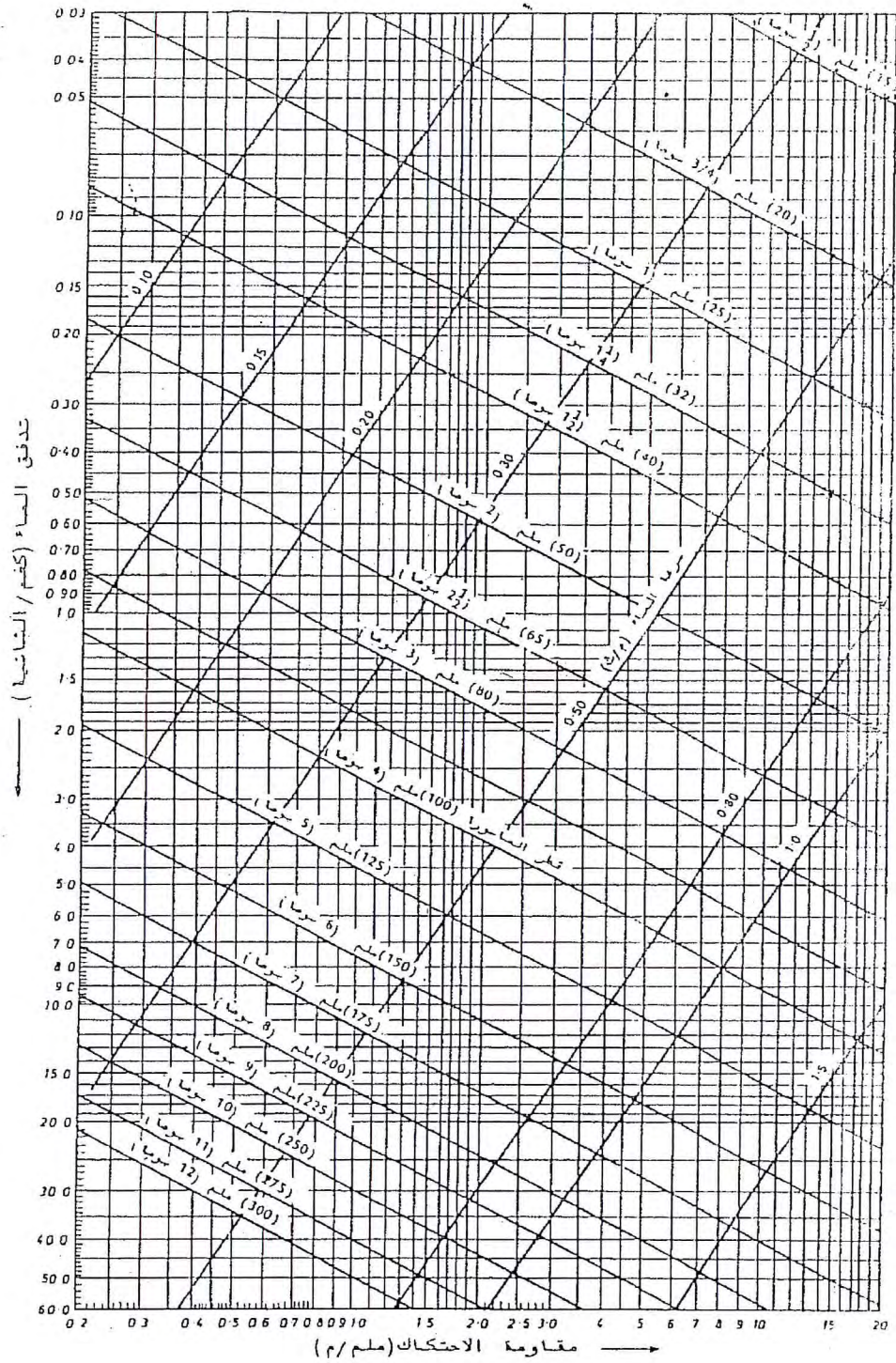
بعد الانتهاء من هذه الحسابات يتم حساب أبعاد المداخل ، ومن الجدول (3-10) تستخرج المساحة المناسبة للمداخل.

**الجدول (3-10)**

ارتفاع المدخل (بالمتر)								قدرة الرجل المرمولة بالمدخل (كيلو واط)
40	30	20	15	12	10	8	6	
المساحة المناسبة (بالمتفرقات المربعة)								
					125	125	125	25
				185	190	200	210	35
			275	280	285	300	330	45
			315	320	330	350	380	60
			365	370	380	400	430	70
			410	415	425	445	475	80
		440	455	460	470	490		90
			495	505	515	535		105
		520	535	545	560	580		115
		730	750	760	775	810		175
		925	960	985	1000			230
		1100	1160	1200	1230			290
		1290	1340	1400				350
	1360	1480	1550	1610				400
	1530	1670	1750					465
	1670	1820	1940					525
	1810	2000	2130					580
	2070	2340	2490					700
2540	2660	2990						930
2810	2950	3310						1050
3080	3240	3630						1160
3360	3520	3930						1280
3620	3790	4230						1400
3890	4060	4520	<b>شروط :</b> * ثاني اكسيد الكربون (10) بالمئة. * سرعة تدفق الغازات العادمة من (2) الى (4) أمتار في الثانية. * يجب أن لا تكون المدخل غايه في القصر وذات مساحة كبيرة ، كما يجب أن لا تكون طويلة جدا وضيقه المساحة. * للمداخل التي تستعمل المراوح يحسب ما نسبته (50) بالمئة من هذه المساحات. * يعتبر ارتفاع المدخل عاملا ثانويا من حيث الأهمية بالنسبة للسحب.					1500
4160	4336	4820						1630
4410	4600							1750
4670	4860							1850
4920	5120							1975
5180	5390							2090
5440	5660							2200
5700	5920							2325
6920	7270							2900



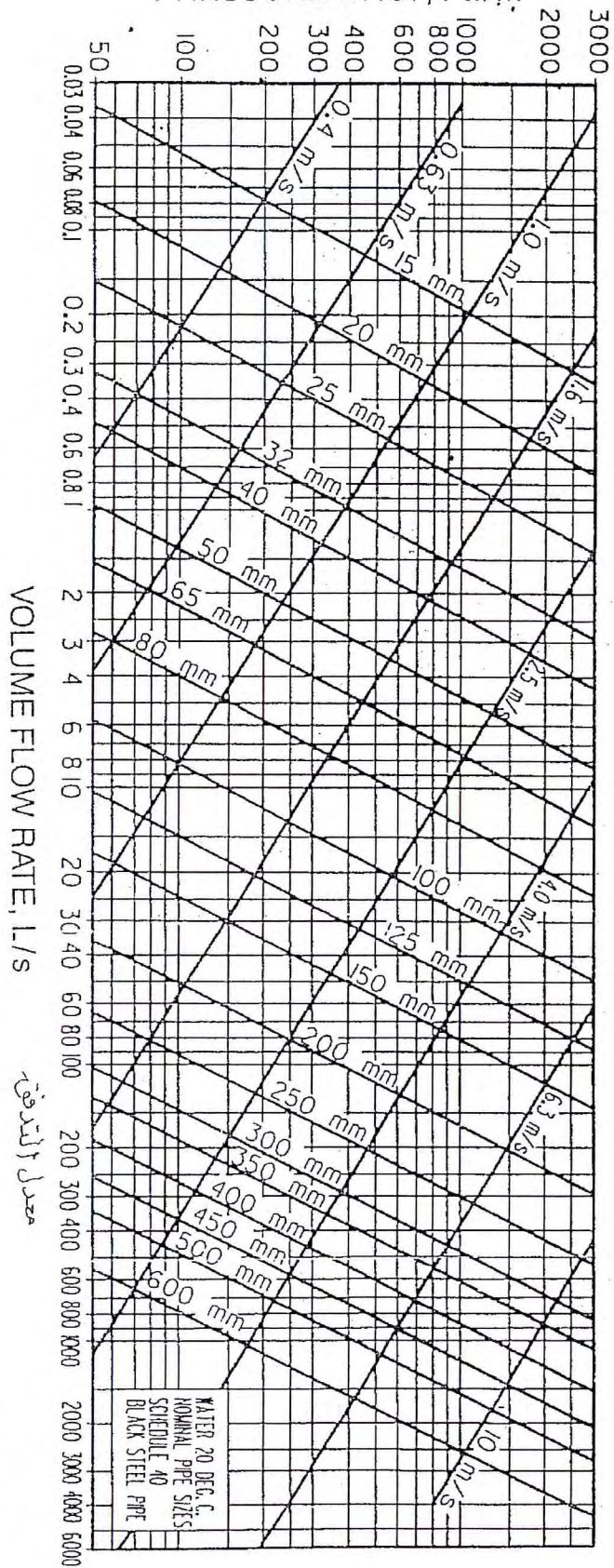
لحساب اقطار الموائير لشبكة التدفق بالمياه الساخنة



الشكل (٤-٤)



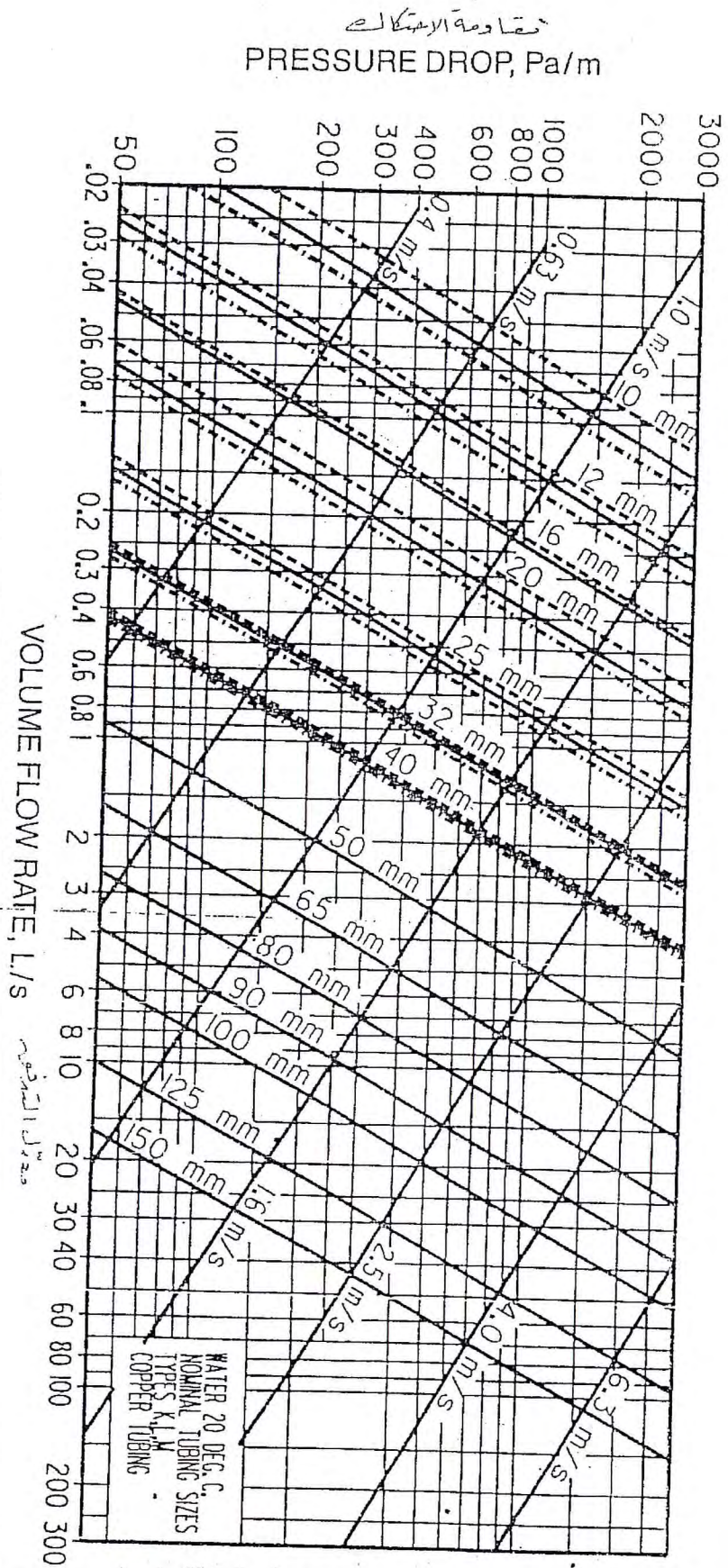
مقاومة الاحتكاك  
PRESSURE DROP, Pa/m



Friction Loss for Water in Commercial Steel Pipe (Schedule 40)

الشكل (٤-٧)

# Pipe Sizing



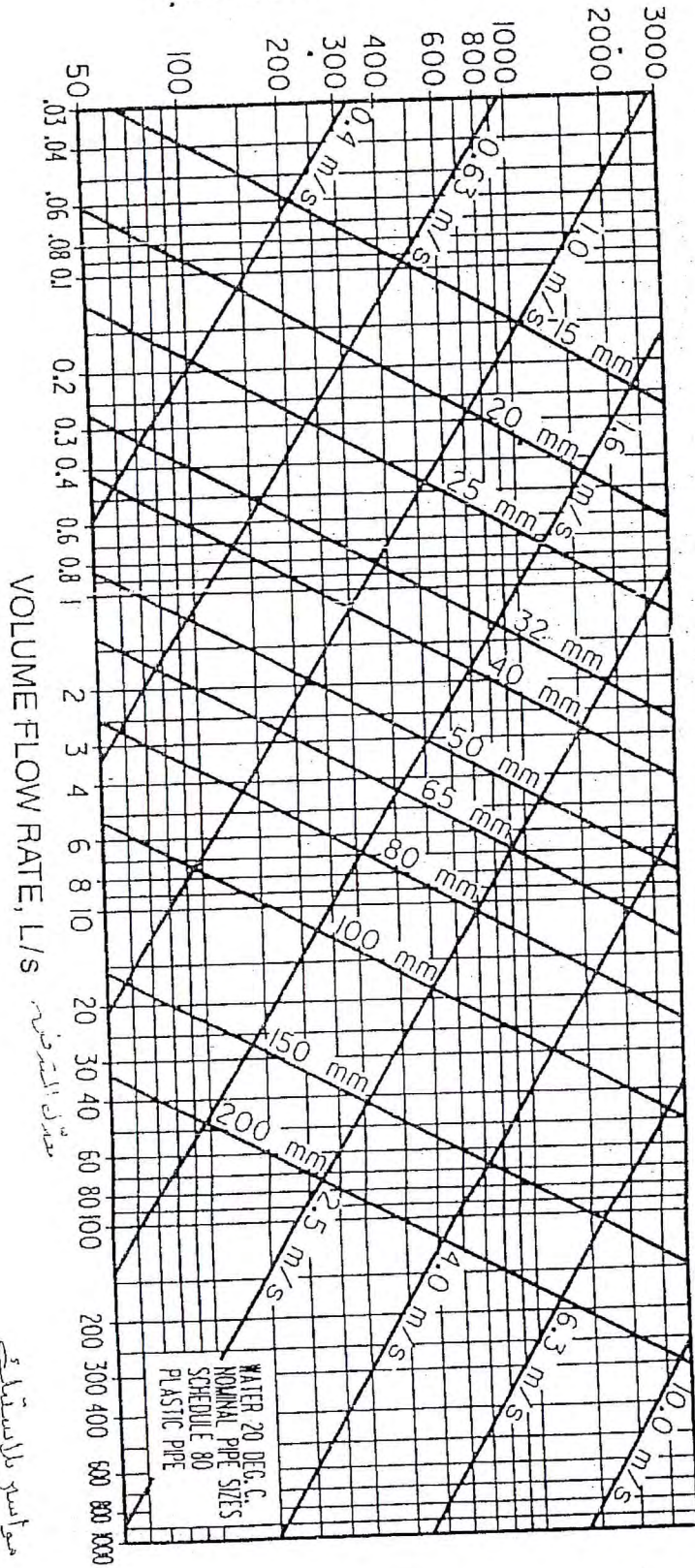
Friction Loss for Water in Copper Tubing (Types K, L, M)

طابع الشغل (٧-٤)

مواصفات النحاس



مقاومة الانسياب  
PRESSURE DROP, Pa/m



معدل التدفق

معايير بلاستيكية

تابع الضغط (٣-٤)



جدول رقم ( 1 )

درجات الحرارة والرطوبة النسبية داخل الأماكن المكيفة

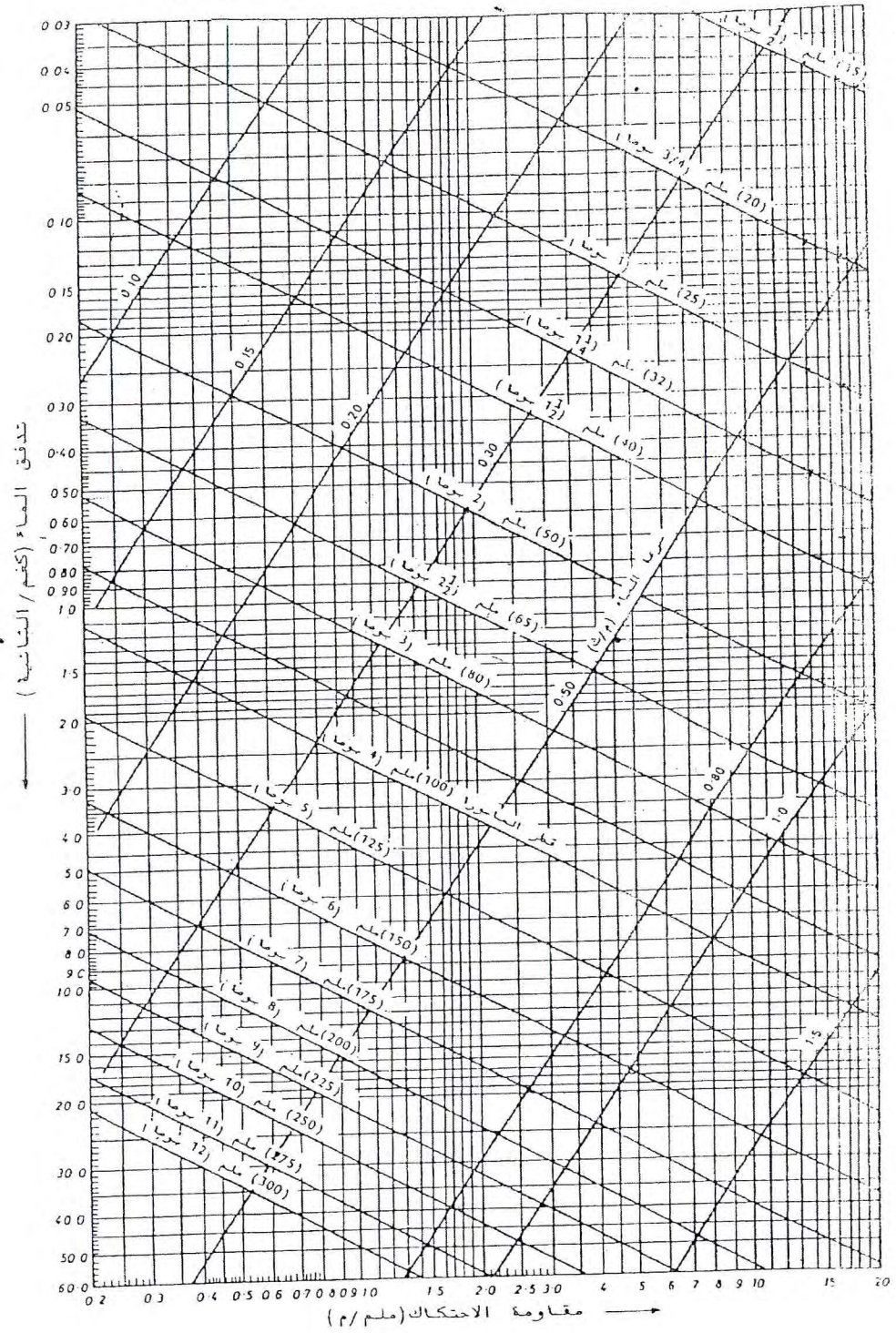
نوع المبنى	درجة الحرارة المتوسطة شتاء	الرطوبة النسبية % شتاء	درجة الحرارة المتوسطة صيفاً	الرطوبة النسبية % صيفاً
المدارس قاعات التدريس	20 - 18	35 - 30	25 - 23	50 - 45
قاعات التجمع	19 - 17		24 - 22	
صالات الألعاب الرياضية	16 - 14			
الحمامات ودورات المياه	18		25	
حجرات تغيير الملابس	20 - 18		25	
المطابخ	18		25	
قاعات الطعام	20 - 18		23	
حجرات اللعب	18 - 16		23	
المسابح المغطاة	24		25	
المستشفيات الغرف الخاصة	23 - 22	35 - 30	23	50 - 45
غرف الجراحة	27 - 22		23	
غرف الإنعاش	24 - 22		23	
حجرات إبداء الملابس	23 - 22		25	
المطابخ وحجرات الغسيل	18		25	
دورات المياه	20		25	
الحمامات	25 - 21		25	
المساح قاعات المتفرجين	20 - 18	40 - 35	23	55 - 50
قاعات الاستراحة	20 - 18		24	
دورات المياه	18		25	
الفنادق غرف النوم وحماماتها	22	35 - 30	23	50 - 45
قاعات الطعام	20		23	
المطابخ وحجرات الغسيل	18		25	
قاعات عامة	20 - 18		23	
دورات المياه ومرافق الخدمة	18		25	
المساكن المخلات التجارية	21 - 19	35 - 30	23 - 21	50 - 45
المباني العامة	20 - 18		23	
المصانع والمشاغل	20 - 18		25	
دور العبادة	18 - 16		26	
المكاتب	18		26	
	21 - 19		23	

الجدول رقم (9)

ماسورة التغذية بالماء البارد لشبكة التدفئة

أدنى قطر لماسورة التغذية ( ملمتر )	قدرة المرجل (واط)
20	أقل من 58600
25	من 58600 الى 146500
32	من 146500 الى 293000
40	من 293000 الى 586000
50	أعلى من 586000

لحساب إقذال المواسير لشبكة التدفق بالماء الساخن



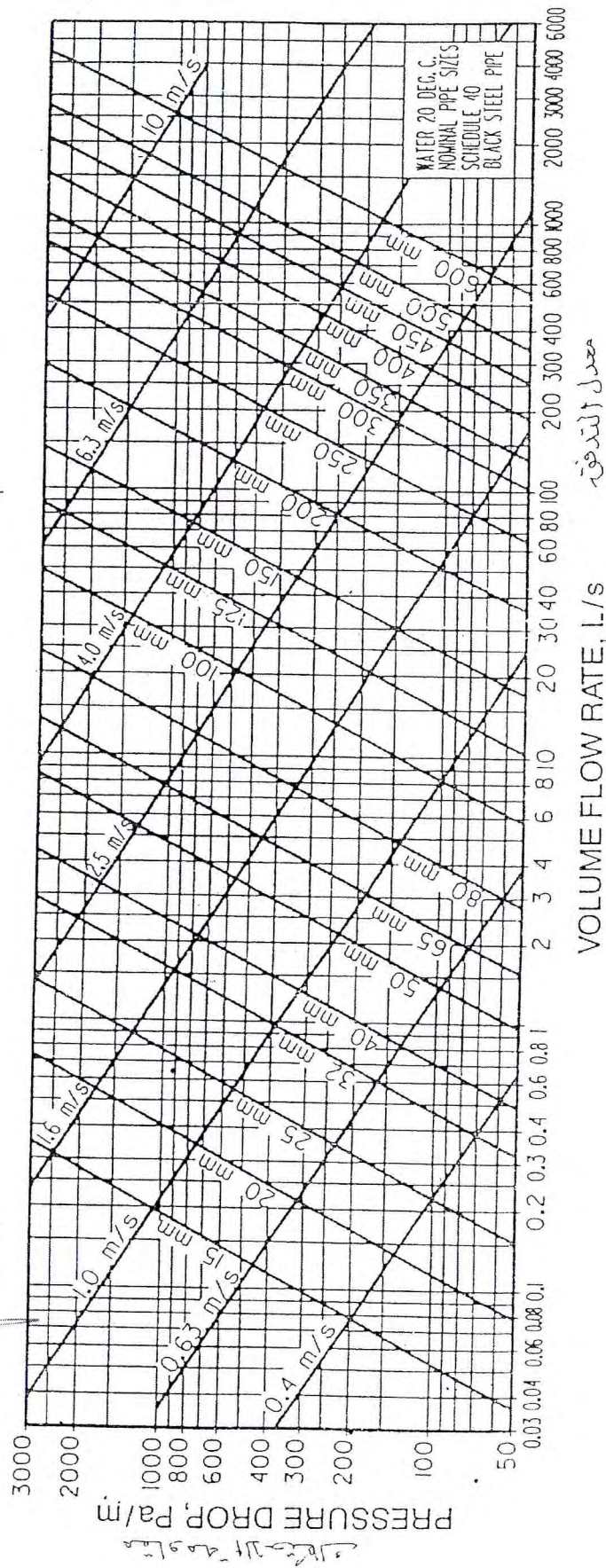
Shadi Shirri

*[Signature]*

الشكل (٤-٢)



Shadi Shirri  
Shirri



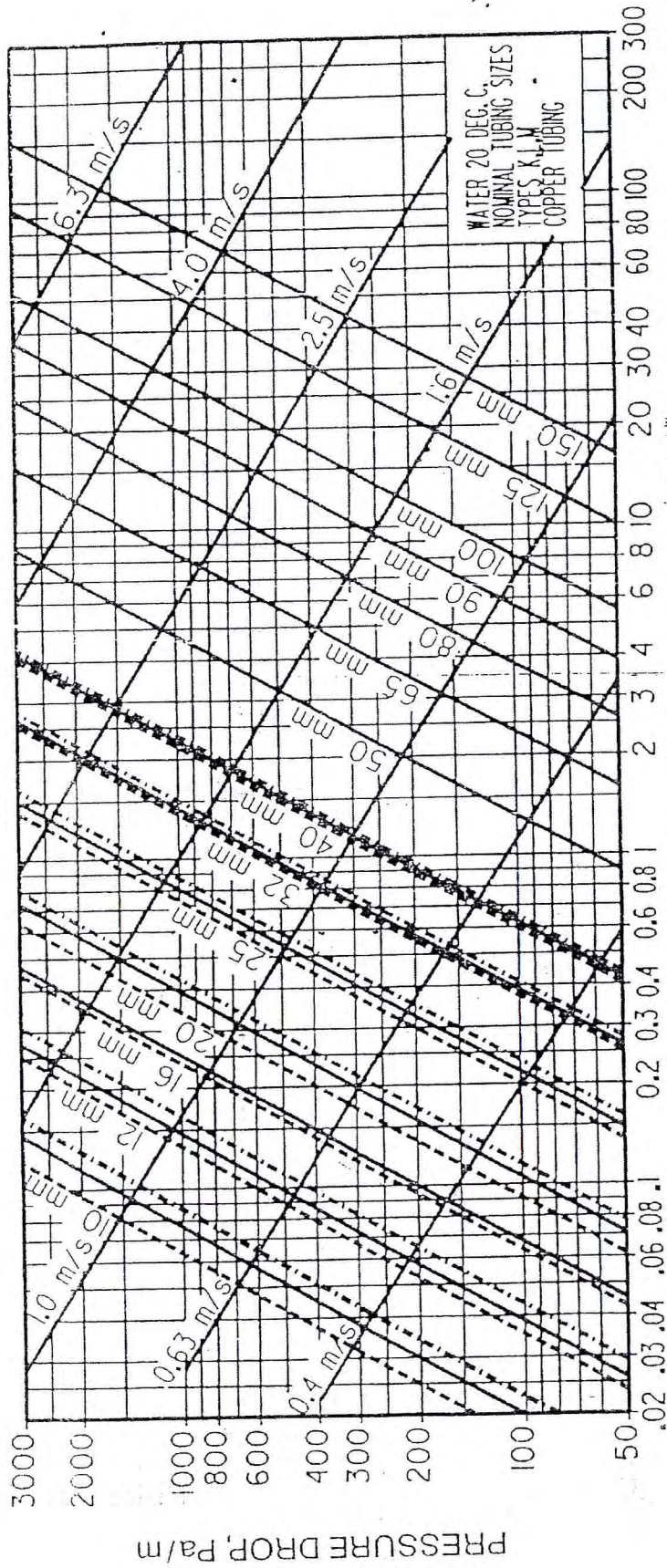
Friction Loss for Water in Commercial Steel Pipe (Schedule 40)

مواسير الحديد

الشكل (٣-٤)

*Handwritten signature*

# Pipe Sizing



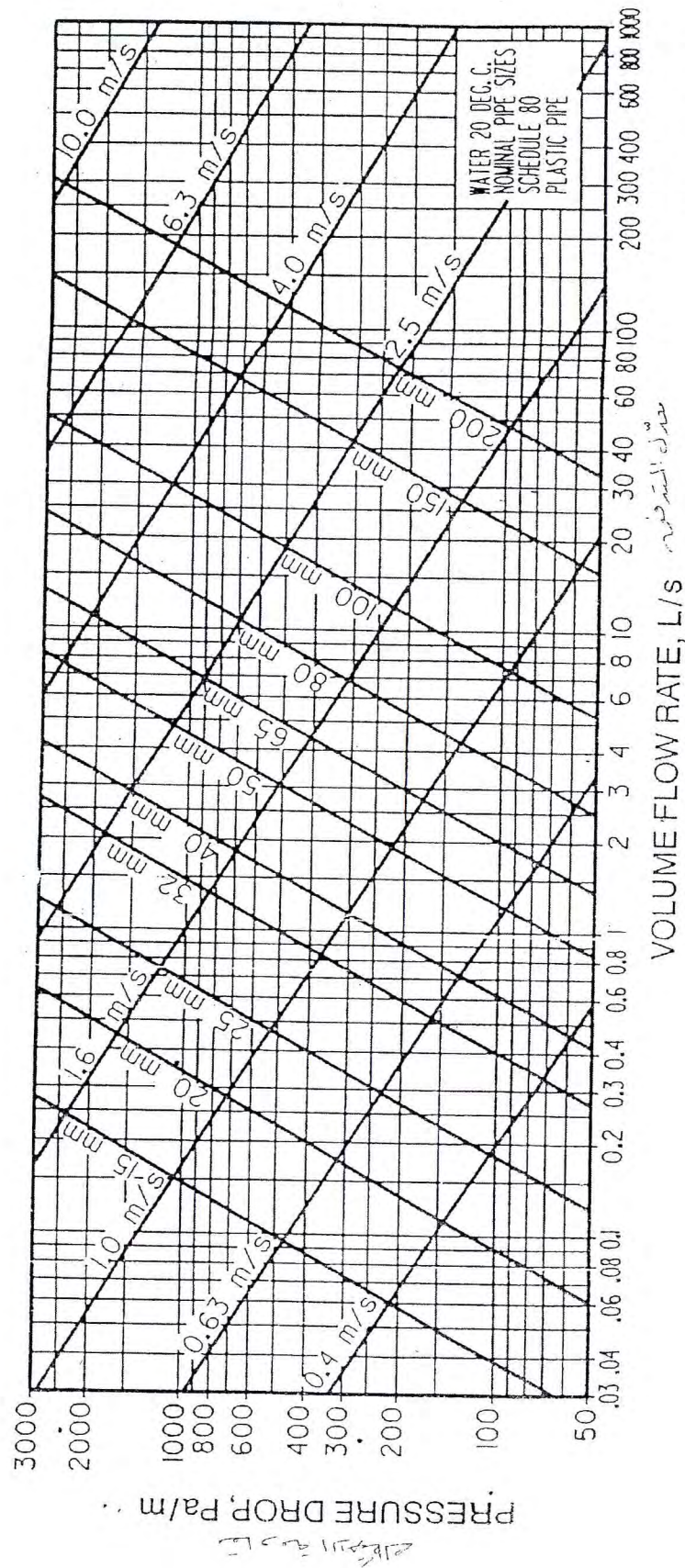
Friction Loss for Water in Copper Tubing (Types K, L, M)

مواصفات النحاس

تابع الشغل (٣-٤)



Shadi Shirri



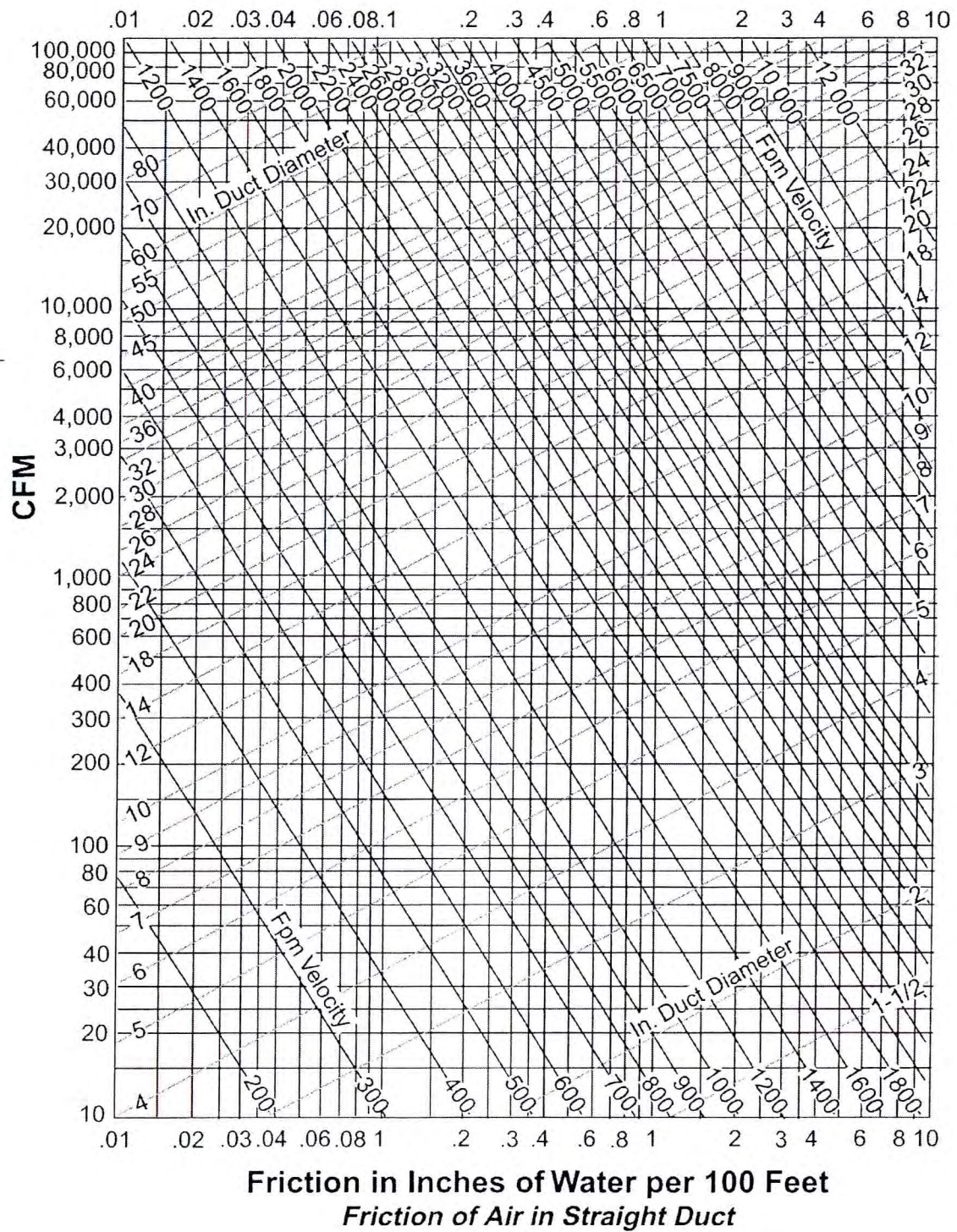
مواصفات بلاستيك

نوع الشبكي (٣-٤)



# Duct Design

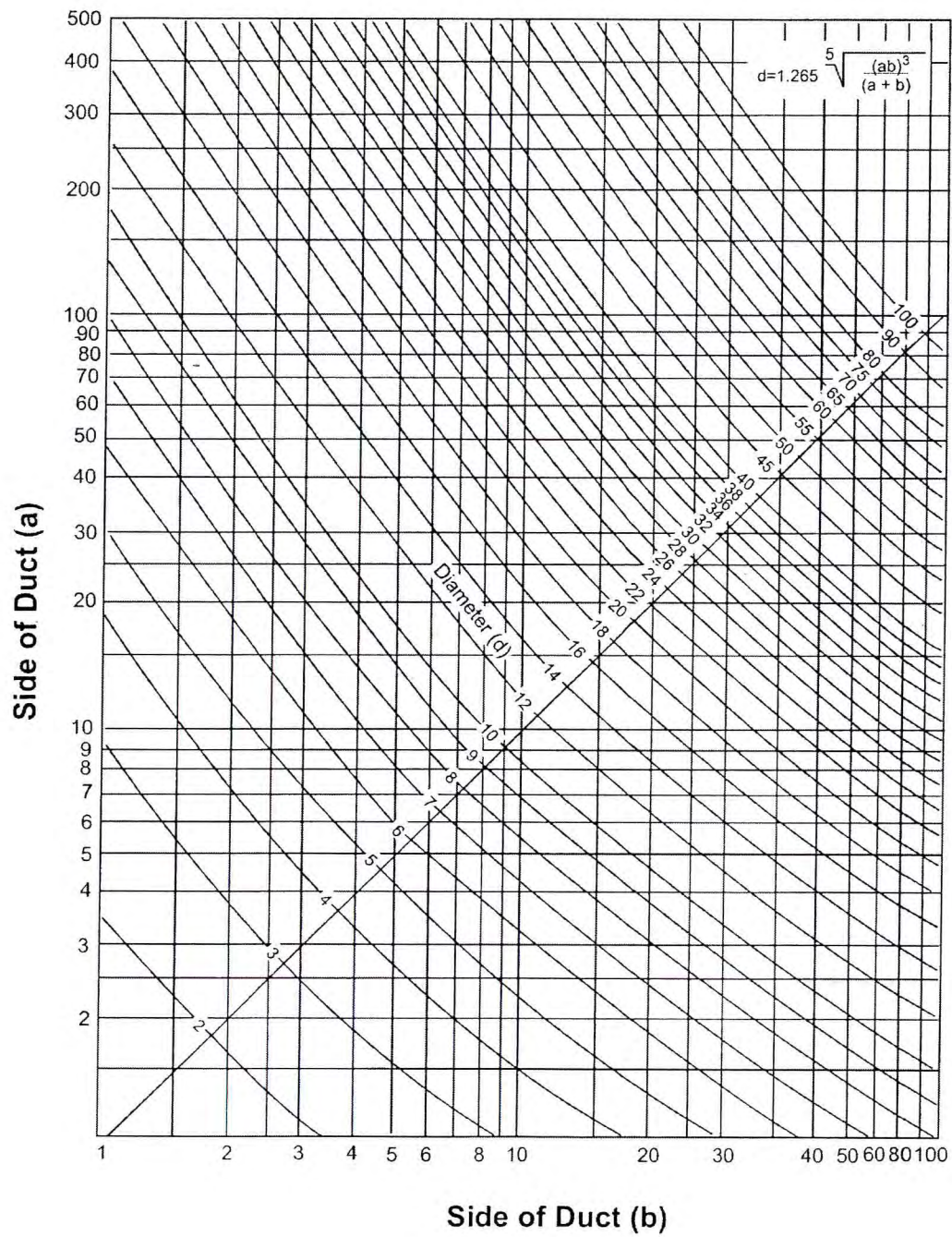
## Duct Resistance



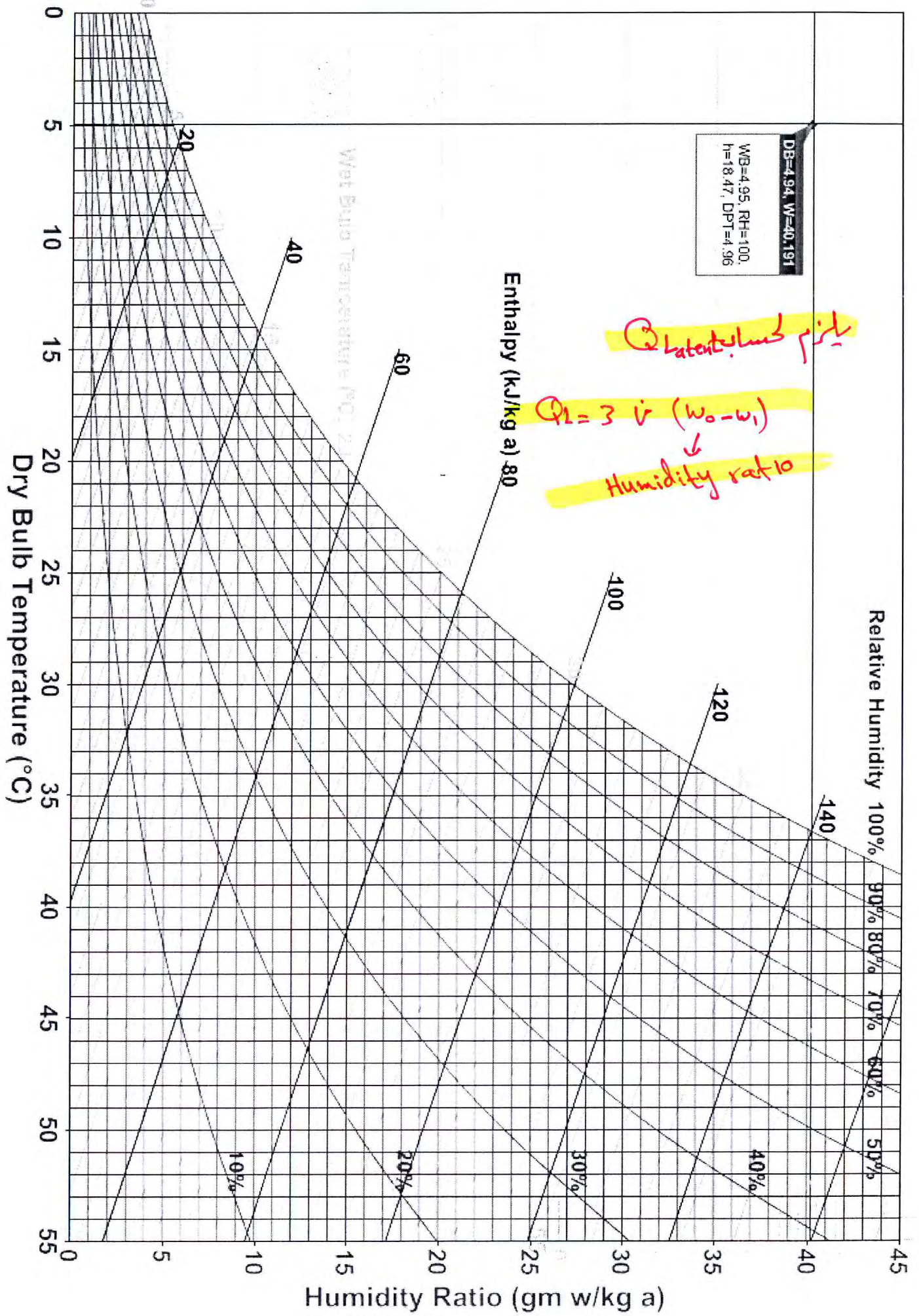


# Duct Design

## Rectangular Equivalent of Round Ducts









# جدول حساب كمية الهواء النقي المطلوب.

TABLE 2  
OUTDOOR AIR REQUIREMENTS FOR VENTILATION\*  
2.1 COMMERCIAL FACILITIES (offices, stores, shops, hotels, sports facilities)

Application	Estimated Maximum** Occupancy P/1000 ft <sup>2</sup> or 100 m <sup>2</sup>	Outdoor Air Requirements				Comments	
		cfm/ person	L/s- person	cfm/ft <sup>2</sup>	L/s-m <sup>2</sup>		
Dry Cleaners, Laundries						Dry-cleaning processes may require more air.	
Commercial laundry	10	25	13				
Commercial dry cleaner	30	30	15				
Storage, pick up	30	35	18				
Coin-operated laundries	20	15	8				
Coin-operated dry cleaner	20	15	8				
Food and Beverage Service						Supplementary smoke-removal equipment may be required.  Makeup air for hood exhaust may require more ventilating air. The sum of the outdoor air and transfer air of acceptable quality from adjacent spaces shall be sufficient to provide an exhaust rate of not less than 1.5 cfm/ft <sup>2</sup> (7.5 L/s-m <sup>2</sup> ).	
Dining rooms	70	20	10				
Cafeteria, fast food	100	20	10				
Bars, cocktail lounges	100	30	15				
Kitchens (cooking)	20	15	8				
Garages, Repair, Service Stations							Distribution among people must consider worker location and concentration of running engines; stands where engines are run must incorporate systems for positive engines exhaust withdrawal. Contaminant sensors may be used to control ventilation.
Enclosed parking garage				1.50	7.5		
Auto repair rooms				1.50	7.5		
Hotels, Motels, Resorts, Dormitories						Independent of room size.  Installed capacity for intermittent use.	
				cfm/room	L/s-room		
Bedrooms				30	15		
Living rooms				30	15		
Baths				35	18		
Lobbies	30	15	8				See also food and beverage services, merchandising, barber and beauty shops, garages.  Supplementary smoke-removal equipment may be required.
Conference rooms	50	20	10				
Assembly rooms	120	15	8				
Dormitory sleeping areas	20	15	8				
Gambling casinos	120	30	15				
Offices						Some office equipment may require local exhaust.	
Office space	7	20	10				
Reception areas	60	15	8				
Telecommunication centers and data entry areas	60	20	10				
Conference rooms	50	20	10				
Public Spaces							Mechanical exhaust with no recirculation is recommended.  Normally supplied by transfer air. Local mechanical exhaust with no recirculation recommended.  Normally supplied by transfer air.
				cfm/ft <sup>2</sup>	L/s-m <sup>2</sup>		
Corridors and utilities				0.05	0.25		
Public restrooms, cfm/wc or cfm/urinal		50	25				
Locker and dressing rooms				0.5	2.5		
Smoking lounge	70	60	30				
Elevators				1.00	5.0		

\* Table 2 prescribes supply rates of acceptable outdoor air required for acceptable indoor air quality. These values have been chosen to dilute human bioeffluents and other contaminants with an adequate margin of safety and to account for health variations among people and varied activity levels.

\*\* Net occupiable space.

A-Z in HVAC Design

Shadi-Shirri@yahoo.

0599 430 298

ANSI/ASHRAE STANDARD 62-2001

# جدول حساب كمية الهواء النقي المطلوب

**TABLE 2**  
**OUTDOOR AIR REQUIREMENTS FOR VENTILATION\* (Continued)**  
**2.1 COMMERCIAL FACILITIES (offices, stores, shops, hotels, sports facilities)**

Application	Estimated Maximum** Occupancy P/1000 ft <sup>2</sup> or 100 m <sup>2</sup>	Outdoor Air Requirements				Comments
		cfm/ person	L/s- person	cfm/ft <sup>2</sup>	L/s·m <sup>2</sup>	
<b>Retail Stores, Sales Floors, and Show Room Floors</b>						
Basement and street	30			0.30	1.50	
Upper floors	20			0.20	1.00	
Storage rooms	15			0.15	0.75	
Dressing rooms				0.20	1.00	
Malls and arcades	20			0.20	1.00	
Shipping and receiving	10			0.15	0.75	
Warehouses	5			0.05	0.25	
Smoking lounge	70	60	30			Normally supplied by transfer air, local mechanical exhaust; exhaust with no recirculation recommended.
<b>Specialty Shops</b>						
Barber	25	15	8			
Beauty	25	25	13			
Reducing salons	20	15	8			
Florists	8	15	8			Ventilation to optimize plant growth may dictate requirements.
Clothiers, furniture				0.30	1.50	
Hardware, drugs, fabric	8	15	8			
Supermarkets	8	15	8			
Pet shops				1.00	5.00	
<b>Sports and Amusement</b>						
Spectator areas	150	15	8			When internal combustion engines are operated for maintenance of playing surfaces, increased ventilation rates may be required.
Game rooms	70	25	13			
Ice arenas (playing areas)				0.50	2.50	
Swimming pools (pool and deck area)				0.50	2.50	Higher values may be required for humidity control.
Playing floors (gymnasium)	30	20	10			
Ballrooms and discos	100	25	13			
Bowling alleys (seating areas)	70	25	13			
<b>Theaters</b>						
Ticket booths	60	20	10			Special ventilation will be needed to eliminate special stage effects (e.g., dry ice vapors, mists, etc.)
Lobbies	150	20	10			
Auditorium	150	15	8			
Stages, studios	70	15	8			
<b>Transportation</b>						
Waiting rooms	100	15	8			Ventilation within vehicles may require special considerations.
Platforms	100	15	8			
Vehicles	150	15	8			
<b>Workrooms</b>						
Meat processing	10	15	8			Spaces maintained at low temperatures (−10°F to + 50°F, or −23°C to + 10°C) are not covered by these requirements unless the occupancy is continuous. Ventilation from adjoining spaces is permissible. When the occupancy is intermittent, infiltration will normally exceed the ventilation requirement. (See Reference 17).

\* Table 2 prescribes supply rates of acceptable outdoor air required for acceptable indoor air quality. These values have been chosen to dilute human bioeffluents and other contaminants with an adequate margin of safety and to account for health variations among people and varied activity levels.

\*\* Net occupiable space.

A-Z in HVAC Design

Shadi-Shirwi@yahoo

0599 430 298



# جدول حساب كمية الهواء النقي المطلوب

TABLE 2  
OUTDOOR AIR REQUIREMENTS FOR VENTILATION\* (Continued)  
2.1 COMMERCIAL FACILITIES (offices, stores, shops, hotels, sports facilities)

Application	Estimated Maximum** Occupancy P/1000 ft <sup>2</sup> or 100 m <sup>2</sup>	Outdoor Air Requirements				Comments
		cfm/ person	L/s- person	cfm/ft <sup>2</sup>	L/s-m <sup>2</sup>	
Photo studios	10	15	8			
Darkrooms	10			0.50	2.50	
Pharmacy	20	15	8			
Bank vaults	5	15	8			
Duplicating, printing				0.50	2.50	Installed equipment must incorporate positive exhaust and control (as required) of undesirable contaminants (toxic or otherwise).

## 2.2 INSTITUTIONAL FACILITIES

<b>Education</b>						
Classroom	50	15	8			
Laboratories	30	20	10			Special contaminant control systems may be required for processes or functions including laboratory animal occupancy.
Training shop	30	20	10			
Music rooms	50	15	8			
Libraries	20	15	8			
Locker rooms				0.50	2.50	
Corridors				0.10	0.50	
Auditoriums	150	15	8			
Smoking lounges	70	60	30			Normally supplied by transfer air. Local mechanical exhaust with no recirculation recommended.
<b>Hospitals, Nursing and Convalescent Homes</b>						
Patient rooms	10	25	13			Special requirements or codes and pressure relationships may determine minimum ventilation rates and filter efficiency. Procedures generating contaminants may require higher rates.
Medical procedure	20	15	8			
Operating rooms	20	30	15			
Recovery and ICU	20	15	8			
Autopsy rooms				0.50	2.50	Air shall not be recirculated into other spaces.
Physical therapy	20	15	8			
<b>Correctional Facilities</b>						
Cells	20	20	10			
Dining halls	100	15	8			
Guard stations	40	15	8			

\* Table 2 prescribes supply rates of acceptable outdoor air required for acceptable indoor air quality. These values have been chosen to dilute human bioeffluents and other contaminants with an adequate margin of safety and to account for health variations among people and varied activity levels.

\*\* Net occupiable space.

$$Y = X/[1 + X - Z]$$

$$(6-1) \quad V_{sc} = \text{supply flow rate in critical space}$$

where

$Y = V_{of}/V_{st}$  = corrected fraction of outdoor air in system supply

$X = V_{on}/V_{st}$  = uncorrected fraction of outdoor air in system supply

$Z = V_{oc}/V_{sc}$  = fraction of outdoor air in critical space. The critical space is that space with the greatest required fraction of outdoor air in the supply to this space.

$V_{of}$  = corrected total outdoor air flow rate

$V_{st}$  = total supply flow rate, i.e., the sum of all supply for all branches of the system

$V_{on}$  = sum of outdoor air flow rates for all branches on system

$V_{oc}$  = outdoor air flow rate required in critical spaces

Equation 6-1 is plotted in Figure 3. The procedure is as follows:

1. Calculate the uncorrected outdoor air fraction by dividing the sum of all the branch outdoor air requirements by the sum of all the branch supply flow rates.
2. Calculate the critical space outdoor air fraction by dividing the critical space outdoor air requirement by the critical space supply flow rate.
3. Evaluate Equation 6-1 or use Figure 3 to find the corrected fraction of outdoor air to be provided in the system supply.

Rooms provided with exhaust air systems, such as kitchens, baths, toilet rooms, and smoking lounges, may utilize air supplied through adjacent habitable or occupiable spaces to compensate for the air exhausted. The air supplied shall be of sufficient quantity to meet the requirements of Table 2. In some cases, the number of persons cannot be estimated accurately.



Table (1) shows constants values which are took from ASHRAE standard

Direction	CLTD wall	LM	CLTD wind	SHG	CLF	SC
N	6	0.5	8	139	0.7	0.83
NE	10	1.1	8	555	0.24	0.83
E	13	0	8	675	0.24	0.83
SE	12	-1.1	8	439	0.3	0.83
S	8	-2.2	8	189	0.43	0.83
SW	10	-1.1	8	439	0.56	0.83
W	10	0	8	675	0.49	0.83
NW	8	1.1	8	555	0.41	0.83

Table (1): Thermal Coefficients

هذه القيم مستخرجة من الجدول لفصلين

on et  
 Table 4.2 Heat Gain from Occupants / not so sure

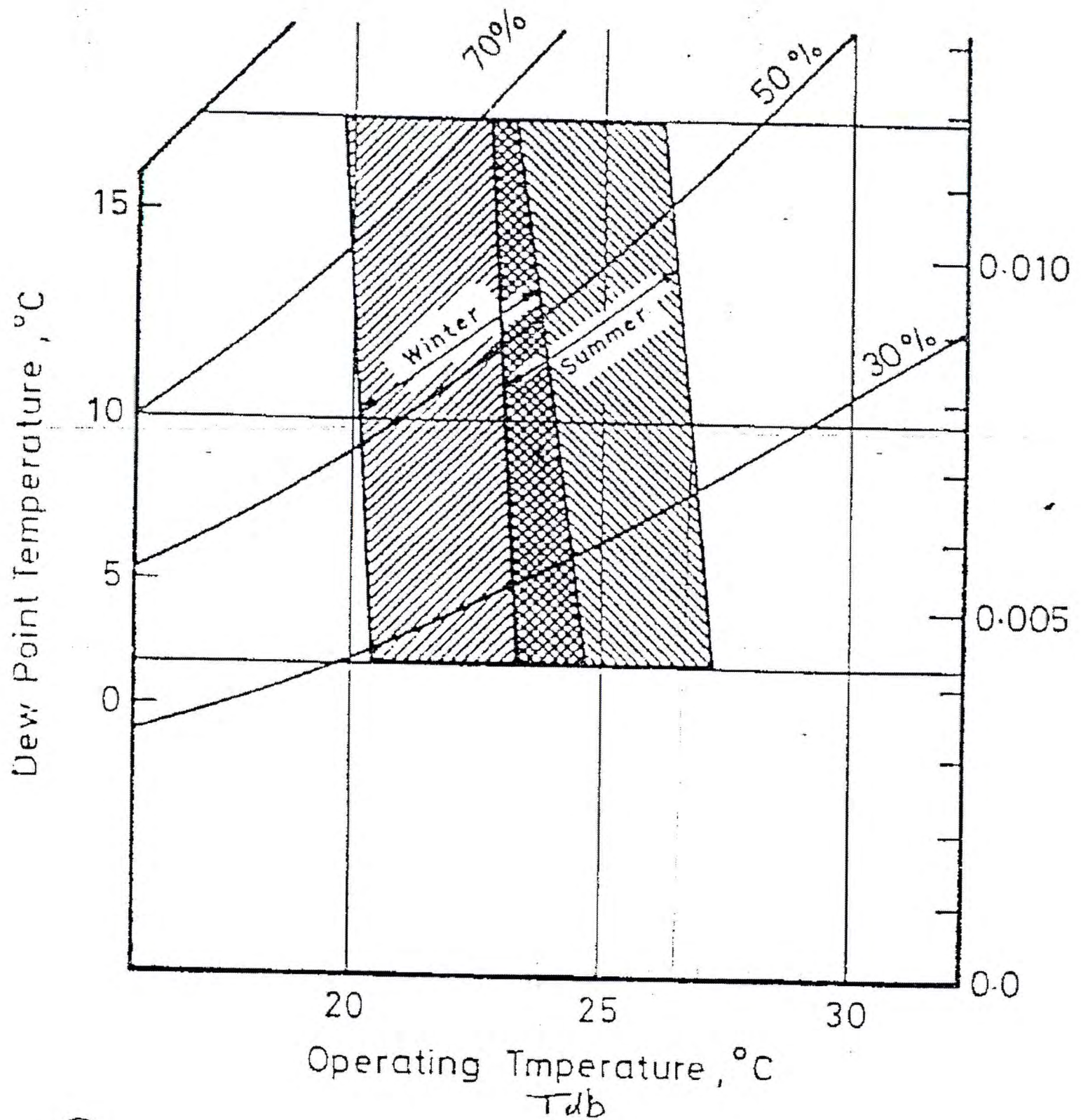
Q<sub>total</sub> = Q<sub>sen</sub> + Q<sub>lat</sub>

Type of activity	Typical Application	Total Heat Dissipation Adult Male W	Total Adjusted* Heat Dissipa- tion W	Sensible Heat W	Latent Heat W
Seated at rest	Theater				
	Matinee	111.5	94	64	30
	Evening	111.5	100	70	30
Seated ; very light work	Offices , hotels , apartments , rest- aurants	128.5	114	70	44
Moderately active office work	Offices , hotels , apartments	135.5	128.5 143	71.5	57
Standing ; light work ; walking	Department store retail store	157	128.5	71.5	71.5
Walking ; seated	Drug store	157	143.0	71.5	71.5
Standing ; walking slowly	Bank	157	143.0	71.5	71.5
Sedentary work	Restaurant	168.5	157.0	78.5	78.5
Light bench work	Factory	238.0	214.0	78.5	136.0
Moderate work	Small-parts assembly	257.0	243.0	87.0	156.0
Moderate dancing	Dance hall	257.0	243.0	87.0	156.0
Walking, 1.5 m/s moderately heavy work	factory	286	288.0	107.0	178.5
Bowling ( participant )	Bowling alley	428.5	414.0	166.0	248.5
Heavy work	Factory	428.5	414.0	166.0	248.5

\* Adjusted heat dissipation is based on the percentage of men, women and children for the application .

Converted to SI from Clifford, 1984, "Heating, Ventilatin  
 and Air Conditioning" Printice Hall.





e (4.2) : Comfort range of operating temperature and relative humidity for winter and summer airconditioning.



Table 4.5 Air Changes Taking Place Under Average Conditions In Residences,  
Exclusive of Air Provided for Ventilation.

Kind of room or Building	Air Changes per Hour
Rooms with no windows or exterior doors	0.5
Rooms with windows or exterior doors on one side only	1
Rooms with windows or exterior doors on two sides	1.5
Rooms with windows or exterior doors on three sides	2
Entrance halls	2

\* For rooms with weather windows or storm sash, use  $\frac{2}{3}$  these values.

From Clifford, 1984, "Heating, Ventilation  
and Air Conditioning" Prentice Hall.

#### 4.01 Length

1 mile = 1760 yds. = 5280 ft. = 63,360 in. = 1.609 km  
 1 ft. = 0.3048 m = 30.48 cm = 304.8 mm  
 1 in. = 2.54 cm = 25.4 mm  
 1 cm = 0.3937 in.  
 1 m = 39.37 in. = 3.2808 ft. = 1.094 yds.  
 1 km = 3281 ft. = 0.6214 miles = 1094 yds.  
 1 fathom = 6 feet = 1.828804 meters  
 1 furlong = 660 feet

#### 4.02 Weight

1 gal.H<sub>2</sub>O = 8.33 lbs.H<sub>2</sub>O  
 1 lb. = 16 oz. = 7000 grains = 0.4536 kg  
 1 ton = 2000 lbs. = 907 kg  
 1 kg = 2.205 lbs.  
 1 lb.steam = 1 lb.H<sub>2</sub>O

#### 4.03 Area

1 sq.ft. = 144 sq.in.  
 1 acre = 43,560 sq.ft. = 4840 sq.yds. = 0.4047 hectares  
 1 sq. mile = 640 acres  
 1 sq.yd. = 9 sq.ft. = 1296 sq.in.  
 1 hectare = 2.417 acres  
 1 sq.m = 1,550 sq.in. = 10.7639 sq.ft. = 1.1968 sq.yds.

#### 4.04 Volume

1 cu.yd. = 27 cu.ft. = 46,656 cu.in. = 1616 pints = 807.9 quarts = 764.6 liters  
 1 cu.ft. = 1,728 cu.in.  
 1 liter = 0.2642 gallons = 1.057 quarts = 2.113 pints  
 1 gallon = 4 quarts = 8 pints = 3.785 liters  
 1 cu.m = 61,023 cu.in. = 35.3134 cu.ft. = 1.3093 cu.yds.  
 1 barrel oil = 42 gallons oil  
 1 barrel beer = 31.5 gallons beer  
 1 barrel wine = 31.0 gallons wine  
 1 bushel = 1.2445 cu.ft. = 32 quarts (dry) = 64 pints (dry) = 4 pecks  
 1 hogshead = 63 gallons = 8.42184 cu.ft.

#### 4.05 Velocity

1 mph = 5280 ft./hr. = 88 ft./min. = 1.467 ft./sec. = 0.8684 knot  
 1 knot = 1.1515 mph = 1.8532 km/hr. = 1.0 nautical miles/hr.  
 1 league = 3.0 miles (approx.)

#### 4.06 Speed of Sound in Air

1128.5 ft./sec. = 769.4 mph

#### 4.07 Pressure

14.7 psi = 33.95 ft. H<sub>2</sub>O = 29.92 in. Hg = 407.2 in. W.G. = 2116.8 lbs./sq.ft.  
 1 psi = 2.307 ft. H<sub>2</sub>O = 2.036 in. Hg = 16 oz = 27.7 in. WC

A-Z in HVAC Design  
 Shadi Shirwi  
 0599 430 298

1 ft. H<sub>2</sub>O = 0.4335 psi = 62.43 lbs./sq.ft.

1 oz = 1.73 in. WC

#### 4.08 Density

##### A. Water

62.43 lbs./cu.ft. = 8.33 lbs./gal. = 0.1337 cu.ft./gal.

1 cu.ft. = 7.48052 gallons = 29.92 quarts = 62.43 lbs.H<sub>2</sub>O

##### B. Standard Air @ 60°F, 14.7 psi

13.329 cu.ft./lb. = 0.0750 lbs./cu.ft.

1 lb./cu.ft. = 177.72 cu.ft./lb.

1 cu.ft./lb. = 0.00563 lbs./cu.ft.

1 kg/cu.m = 16.017 lbs./cu.ft.

1 cu.m/kg = 0.0624 cu.ft./lb

#### 4.09 Energy

1 hp	= 0.746 kW = 746 watts = 2,545 Btuh. 1.0 kva
1 kW	= 1,000 watts = 3413 Btuh = 1.341 hp
1 watt	= 3.413 Btuh
1 ton AC	= 12,000 Btuh cooling = 15,000 Btuh heat rejection
1 Btuh	= 1 Btu/hr.
1 bhp	= 34,500 Btuh (33,472 Btuh) = 34.5 lbs.stm/hr. = 34.5 lbs.H <sub>2</sub> O/hr. = 0.069 gpm = 4.14 gph = 140 edr (sq.ft. of equivalent radiation)
1 therm	= 100,000 Btuh
1 mbh	= 1,000 Btuh
1 lb.stm/hr.	= 0.002 gpm
1 gpm	= 500 lbs.stm./hr.
1 edr (equivalent direct radiation)	= 0.000496 gpm = 0.25 lbs.stm.cond./hr.
1,000 edr	= 0.496 gpm
1 edr hot water	= 150 Btu/hr.
1 edr steam	= 240 Btu/hr.
1 edr	= 240 Btu/hr. (up to 1,000 ft. above sea level)
1 edr	= 230 Btu/hr. (1,000 ft.–3,000 ft. above sea level)
1 edr	= 223 Btu/hr. (3,000 ft.–5,000 ft. above sea level)
1 edr	= 216 Btu/hr. (5,000 ft.–7,000 ft. above sea level)
1 edr	= 209 Btu/hr. (7,000 ft.–10,000 ft. above sea level)

#### 4.10 Flow

1 mgd (million gal./day) = 1.547 cu.ft./sec. = 694.4 gpm

1 cu.ft./min. = 62.43 lbs.H<sub>2</sub>O/min. = 448.8 gph

#### 4.11 HVAC Metric Conversions

kJ/hr.	= Btu/hr × 1.055
cmm	= cfm × 0.02832
lpm	= gpm × 3.785
kJ/kg	= Btu/lb. × 2.326
meters	= ft. × 0.3048
sq. meters	= sq. ft. × 0.0929
cu. meters	= cu. ft. × 0.02832
kg	= lbs. × 0.4536



- 1.0 gpm = 500 lbs.steam/hr.  
 1.0 lb.stm./hr. = 0.002 gpm  
 1.0 lb.H<sub>2</sub>O/hr. = 1.0 lb.steam/hr.  
 kg/cu.m = lbs./cu.ft.  $\times$  16.017 (density)  
 cu.m/kg = cu.ft./lb.  $\times$  0.0624 (specific volume)  
 kg H<sub>2</sub>O/kg DA = Gr H<sub>2</sub>O/lb. DA/7000 = lb. H<sub>2</sub>O/lb. DA

#### 4.12 Fuel Conversion Factors

##### A. Electric Baseboard to Hydronic Baseboard

1. KWH  $\times$  1.19 = KWH for electric boiler
2. KWH  $\times$  0.033 = gal. for oil-fired boiler
3. KWH  $\times$  0.046 = therms for gas-fired boiler

##### B. Electric Furnace to Hydronic Baseboard

1. KWH  $\times$  1.0 = KWH for electric boiler
2. KWH  $\times$  0.028 = gal. for oil-fired boiler
3. KWH  $\times$  0.038 = therms for gas-fired boiler

##### C. Ceiling Cable to Hydronic Baseboard

1. KWH  $\times$  1.06 = KWH for electric boiler
2. KWH  $\times$  0.03 = gal. for oil-fired boiler
3. KWH  $\times$  0.041 = therms for gas-fired boiler

##### D. Heat Pump to Hydronic Baseboard

1. KWH  $\times$  1.88 = KWH for electric boiler
2. KWH  $\times$  0.052 = gal. for oil-fired boiler
3. KWH  $\times$  0.073 = therms for gas-fired boiler

##### E. Electric Baseboard to Warm Air Furnace

1. KWH  $\times$  1.19 = KWH for electric furnace
2. KWH  $\times$  0.039 = gal. for oil-fired furnace
3. KWH  $\times$  0.054 = therms for gas-fired furnace

##### F. Electric Furnace to Fuel-Fired Furnace

1. KWH  $\times$  0.032 = gal. for oil-fired furnace
2. KWH  $\times$  0.045 = therms for gas-fired furnace

##### G. Ceiling Cable to Warm Air Furnace

1. KWH  $\times$  1.06 = KWH for electric furnace
2. KWH  $\times$  0.034 = gal. for oil-fired furnace
3. KWH  $\times$  0.048 = therms for gas-fired furnace

##### H. Heat Pump to Warm Air Furnace

1. KWH  $\times$  1.88 = KWH for electric furnace
2. KWH  $\times$  0.061 = gal. for oil-fired furnace
3. KWH  $\times$  0.085 = therms for gas-fired furnace

##### I. Warm Air Systems to Hydronic Baseboard System

1. gal. oil for W.A.  $\times$  0.857 = gal. for hydronics
2. therms gas for W.A.  $\times$  0.857 = therms for hydronics
3. gal. oil for W.A.  $\times$  1.2 = therms for hydronics
4. therms gas for W.A.  $\times$  0.612 = gal. for hydronics

A-z in HVAC Design  
Shadi Shiri

## PERSONAL INFORMATION:

Name: Shadi Mahmoud Shirri

Address: Ramallah - Palestine

Mobile No.: 00970-599430298

E-mail: shadi\_shirri@yahoo.com

Birth info. : January 4, 1986, Nablus- Palestine

Nationality: Palestinian (Jordanian Passport)

Sex: Male

Marital Status: Married



## EDUCATION:

- **2009:** BSc, Mechanical Engineering, An-Najah National University, Nablus, Palestine.
- **2004:** Tawjihi, Scientific Branch, Azzoun Secondary School, Qalqilia, Palestine.



## WORKING EXPERIENCE:

**I. November, 2010 – Present:** Ziadah Consultants Co., Ramallah, Palestine, Consultant Engineer

### ☒ *Executed Projects:*

- 1- Rawabi Residential City: a new Palestinian city with a budget of 850,000,000 \$.
- 2- Rawabi Town Center: 30,000m<sup>2</sup> per floor commercial center including Parkings, Retails, Supermarkets, Cinemas, Offices, Hotel, Restaurants, Data Center, Health Utilities, and Residentials.
- 3- Diplomatic Compound: 80 Residential Villa, commercial Buildings, and sport buildings.
- 4- Other Projects: High Rise and Commercial Buildings in Ramalla.

### ☒ *Executed Works:*

Heating, Air Conditioning, Ventilation, Firefighting, Water and Gas Piping, Sanitary, Storm water, Infra structure, Cost Analysis, Quantity Calculation, Book of Quantities, Specifications, Building Information Modeling (BIM), and Shop drawing submittals (*Design and Supervision*).

**II. July, 2009 – November, 2010:** Al-Aghbar Company, Nablus, Palestine, Site Engineer.

☒ *Executed Projects:* Nablus Industrial School, Oreef School, Bir-Zait School and Safeer Center.

☒ *Executed Works:* Plumbing, HVAC, Quantity Calculation, and shop drawing.

## FREELANCE TRAINING EXPERIENCE:

### ☒ *Approved Trainer at:*

- 1- (2012 - Present): Jordan Engineering Association, Ramalla, Palestine.
- 2- (2012 – Present): Cambridge International Institute, Nablus, Palestine.
- 3- (2012 - Present): Respect for Training and Consultants, Ramalla, Palestine.
- 4- (2013 - 2013): Tech Solutions for Training, Nablus, Palestine.
- 5- (2013 - Present): Edison Academy for Engineering Training, Nablus & Ramalla, Palestine.

### ☒ *Introduced Training Courses:*

1. Revit MEP 2011 and Revit 2014.
2. Building Mechanical Systems Design.
3. HVAC Design
4. Plumbing and Fire Fighting Design

## ENGINEERING SOFTWARES:

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| 1- Revit MEP (Expert)   | 4- AutoCAD MEP (Expert)                       |
| 2- SewerCAD (Very good) | 5- A set of other computer aided design tools |
| 3- WaterCAD (Very good) |   |

## PROFESSIONAL QUALIFICATIONS:

- 1- **December 05, 2012:** A Course of "Fusiotherm / Climatherm and Firestop pipe systems", Aquatherm training center, Attendorn, Germany, +490 2722950-0.
- 2- **December 22, 2008:** A Course of Building Mechanical Systems Using AutoCAD 2007 " HVAC/ Plumping/ Drainage/ and Fire Fighting Systems", An-Najah National University, Nablus, Palestine.
- 3- **May, 2008 – August, 2008:** A Practical Training in Boilers and Radiators Industry, Union Metal Forming and Engineering Industries Company, Sahab Industrial Estate, Amman, Jordan.
- 4- **April 4, 2008:** A Web Design and Programming Course in Html, Java Script, PHP, and Sql Database, Korean Palestinian Information Technology Institute of Excellence, An-Najah National University, Nablus, Palestine.

## SKILLS:

- The Ability to self-software learning.
- High Skills in Communication, Time Management, and Team Building.
- High Level Knowledge in English Language, (Writing, Reading, and Conversation).
- A Valid Private Driving License & a Private Automobile.

## SUMMARY:

Shadi serves as a Consultant Mechanical Engineer for Ziadah Consultant Company which is the consultant for Rawabi city project, he is a mechanical designer and supervisor engineer works on Heating, Air Conditioning, Ventilation, Firefighting, Water, Gas Piping, Sanitary, Storm water, Infra structure, Cost Analysis, Quantity Calculation, Book of Quantities, Specifications, Building Information Modeling (BIM), and Shop drawing submittals.

Shadi is an expert at training and leading design teams to ensure optimal performance levels. He is an approved trainer at Jordanian engineering association, Cambridge International Institute, Respect for training and consultation center, Tech solutions for training, and Edison Academy for engineering training, he is training more than 120 engineer and engineering students per a year as a freelance job, he is introducing four courses for engineers and students which are:

- 1- Building Information Modeling and Revit MEP 2011.  
(Modeling, Clash detection, Quantity calculation, and Project planning).
- 2- Building mechanical systems design.
- 3- HVAC Design.
- 4- Plumping and Fire Fighting Design

Prior to joining Ziadah, he worked for 1 year and half as a site engineer at Al-Aghbar company for mechanical contracting, he participated in executing Nablus Industrial School, Oreef School, Bir-Zait School, and Safer Activity Center, including Plumbing, HVAC, Quantity Calculation, and shop drawings.

## REFERENCES:

- Available Upon Request





Our Ref.:

Date :- 1 / 10 / 2012

الرقم : 85/3

التاريخ : ٢٠١٢/١٠/١

## إلى من يهمه الأمر

تشهد نقابة المهندسين – مركز القدس أن المهندس

(( شادي محمود إبراهيم شري ))

قد أعطى دورة (( REVIT MEP )) لتخصص الهندسة الميكانيكية

والكهربائية بواقع ( 30 ) ساعة معتمدة لدى مركز تدريب نقابة المهندسين .

وبناء على طلبه أعطي هذه الشهادة

نادي عليان  
المدير العام



Date:26/01/2013

Ref:01260113

To Whom It May Concern

The Subject: Experience Certificate

Eng. Shadi Mahmoud Ibrahim Shirri is approved Trainer in Respect training Center for the following courses:

- 1- Introduction to BIM Using Revit MEP .
- 2- Building Mechanical System Design using Auto CAD 2012.

He is a creative and professional Trainer , and he got this Certificate Upon his request .

General Manager  
Dr. Adeeb Saify  
مركز ريسبيكت  
للاستشارات والدراسات والبحوث والتدريب



**TECH  
SOLUTIONS**  
The Best Way to Get Technology

## To whom it may concern

Tech Solutions for training and consultation hereby certifies that **Eng. Shadi Mahmoud Shirri** is a qualified trainer for the following courses:

1. Building Information Modeling Using Revit MEP.
2. Building Mechanical Systems Design using AutoCAD.

He is regularly introduce the above two courses to mechanical engineers and he is one of our qualified team.

Administration



10 March 2013





مركز كامبردج الدولي  
للتدريب المتقدم

Cambridge International Center  
For Advanced Training

To whom it may concern

Cambridge international center in Palestine certifies that Eng. Shadi Mahmoud Ibrahim Shirri who has ID: 910452416, is approved trainer for the following courses:

- 1- Introduction to BIM technology using Revit MEP (40-hr)
- 2- Building mechanical system design (30-hr)

He is an expert and organized trainer, and he got this certificate as per his request.

Cambridge International Center  
مركز كامبردج الدولي

Signature



نابلس . رفيديا . مقابل الأكاديمية . فوق اسواق الصوالمحي . الطابق 2  
موبايل: 0599 221187 هاتف: 09 2340586  
Cic4training@gmail.com مركز كامبردج الدولي

To Whom IT May Concern

**Shadi Mahmoud Shirri** Serves for Edison Academy in Training and Engineering Consulting, His Contract is a Part Time Trainer and Student's Graduation Project Consultant, His 1<sup>st</sup> Day in Academy Was in May15, 2013.

Shadi is Teaching the Following Courses:

- 1- Autodesk Revit 2014
- 2- HVAC Design
- 3- Plumping and Fire Fighting Design
- 4- Building Mechanical Systems Design

Shadi's Evaluation is Very High

